

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-124496

(43)Date of publication of application : 26.04.2002

(51)Int.Cl.

H01L 21/304  
B24B 37/00  
B24B 37/04  
B24B 53/00  
H01L 21/306

(21)Application number : 2000-318202

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 18.10.2000

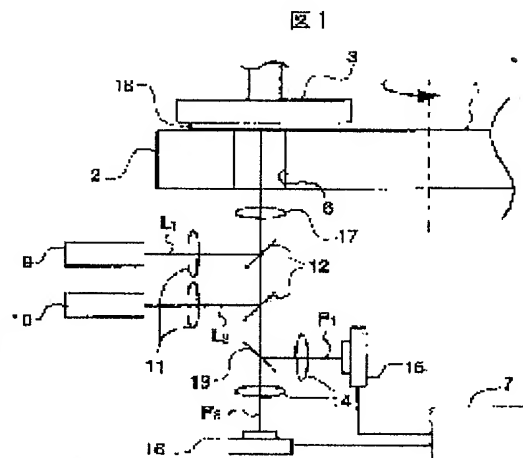
(72)Inventor : HIROSE TAKESHI  
NOMOTO MINEO  
KOJIMA HIROYUKI  
SATO HIDEMI

**(54) METHOD AND EQUIPMENT FOR DETECTING AND MEASURING END POINT OF POLISHING PROCESS, AND METHOD AND EQUIPMENT FOR MANUFACTURING SEMICONDUCTOR DEVICE USING THE SAME FOR DETECTING AND MEASURING END POINT OF POLISHING PROCESS**

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To increase the detection accuracy of an end point of a polishing process by accurately detecting the thickness of an interlayer insulation film on the surface of a wafer to be polished in a CMP process.

**SOLUTION:** Laser beams L1, L2 of different wavelengths are outputted from laser sources 9, 10. These laser beams are irradiated on the interlayer insulation film (not shown in the Fig.) formed on the surface of the wafer 18 to be polished by a pad 1, from a detection window 6 via beam splitters 12. Each of the laser beams L1, L2 is reflected both on the surface of the interlayer insulation film and on a pattern under the surface of the interlayer insulation film, to become interference beam. These interference beams are detected by other photo detectors 15, 16 via the detection window 6, beam splitters 12, and dichroic mirror 13. The detected results are sent to a film thickness evaluation unit 7, which detects the relation between the intensities of the reflected interference beams, or the thickness of the interlayer insulation film from the ratio of the intensities of the reflected interference beams. When the thickness of the interlayer insulation film has a specified value, it is the end point of the polishing process.



\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1]A termination detection method of polishing work irradiating simultaneously with light of two or more different wavelength a film formed in a wafer surface under polishing work, and detecting a terminal point of polishing work of this film based on a relation of intensity of each catoptric light which detected and this detected each catoptric light from this film.

[Claim 2]A termination detection method of polishing work detecting a terminal point of said polishing work in claim 1 based on an intensity ratio of each of said detected catoptric light.

[Claim 3]A termination detection method of polishing work irradiating with white light a film formed in a wafer surface under polishing work, detecting catoptric light from this film, and detecting a terminal point of polishing work of this film based on spectral intensity of intensity of this catoptric light.

[Claim 4]A termination detection method of polishing work which detects ultraviolet rays which irradiate with ultraviolet rays a film formed in a wafer surface under polishing work, and are reflected from this film, and is characterized by detecting a terminal point of polishing work of this film based on intensity of these detected ultraviolet rays.

[Claim 5]A termination detection device of polishing work characterized by comprising the following. An irradiation means which irradiates simultaneously with two or more different lights a film formed in a wafer surface under polishing work.

A detection means to detect each catoptric light from this film.

A processing means to detect a terminal point of polishing work of this film based on a relation of intensity of each detected this catoptric light.

[Claim 6]A termination detection device of polishing work, wherein said processing means detects a terminal point of polishing work of said film in claim 5 based on an intensity ratio of each of said detected catoptric light.

[Claim 7]A termination detection device of polishing work characterized by comprising the following. An irradiation means which irradiates with white light a film formed in a wafer surface under polishing work.

A detection means to detect catoptric light from this film.

A processing means to detect a terminal point of polishing work of this film based on a relation of spectral intensity of detected this catoptric light.

[Claim 8]A termination detection device of polishing work characterized by comprising the following. An irradiation means which irradiates with ultraviolet rays a film formed in a wafer surface under polishing work.

A detection means to detect these ultraviolet rays reflected from this film.

A processing means to detect a terminal point of polishing work of this film based on a relation of intensity of detected this ultraviolet rays.

[Claim 9]A manufacturing method of a semiconductor device detecting a terminal point of this polishing work using a termination detection method of polishing work any one statement of claim 1-4 at a process of carrying out polishing work of the film formed on the surface of a wafer.

[Claim 10]A process of carrying out polishing work of the film formed on the surface of a wafer estimates a grinding rate of this film based on intensity of catoptric light detected by the termination detection method of polishing work any one statement of claim 1-4, A manufacturing method of a semiconductor device optimizing dressing conditions of a dresser to a pad used for polishing work based on this evaluation result.

[Claim 11]A manufacturing method of a semiconductor device characterized by said dressing conditions being any at least one of a dressing pressure of said dresser, number of rotations, a cycle of rocking movement, and the kinds of work tool used for a dressing in claim 10.

[Claim 12]A process of carrying out polishing work of the film formed on the surface of a wafer estimates a grinding rate of this film based on intensity of catoptric light detected by the termination detection method of polishing work any one statement of claim 1-4, A manufacturing method of a semiconductor device characterized by optimizing processing conditions of a film of this wafer based on this evaluation result.

[Claim 13]A manufacturing method of a semiconductor device characterized by said processing conditions being any at least one of thrust of said wafer pressed to said pad, number of rotations, and the cycles of rocking movement in claim 12.

[Claim 14]A manufacturing installation of a semiconductor device which is provided with the following and characterized by constituting a terminal point of polishing work of this film so that detection is possible.

A polishing means which carries out polishing work of the film formed on the surface of a wafer.  
A termination detection device of polishing work indicated to any one of the claims 5-8.

[Claim 15]A manufacturing installation of a semiconductor device characterized by comprising the following.

A polishing means which carries out polishing work of the film formed on the surface of a wafer.  
Evaluation methods which evaluate a grinding rate of this film based on intensity of a detect output of said detection means in a termination detection device of polishing work indicated to any one of the claims 5-8.

A control means which sets up dressing conditions of a pad which carries out polishing work of this film based on an evaluation result of these evaluation methods the optimal.

[Claim 16]A manufacturing installation of a semiconductor device characterized by said dressing conditions being any at least one of a dressing pressure of said dresser, number of rotations, a cycle of rocking movement, and the kinds of work tool used for a dressing in claim 15.

[Claim 17]A manufacturing installation of a semiconductor device characterized by comprising the following.

A polishing means which carries out polishing work of the film formed on the surface of a wafer.  
Evaluation methods which evaluate a grinding rate of this film based on intensity of a detect output of said detection means in a termination detection device of polishing work indicated to any one of the claims 5-8.

A control means which sets up processing conditions of a film of this wafer the optimal based on an evaluation result of these evaluation methods.

[Claim 18]A manufacturing installation of a semiconductor device characterized by said processing conditions being any at least one of thrust of said wafer pressed to said pad, number of rotations, and the cycles of rocking movement in claim 17.

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]This invention relates to the termination detection of the polishing work of a semiconductor device, is faced manufacturing a semiconductor device on a silicon wafer especially, and relates to the manufacturing method of the termination detection method in flattening processing of a wafer surface, its device, and the semiconductor device using it, and its device.

[0002]

[Description of the Prior Art]A semiconductor device is manufactured by carrying out membrane formation in the silicon wafer (only henceforth wafer) surface, exposure with a desired pattern, etching of an exposed part, etc., and forming patterns, such as an element and wiring, on this wafer. And if patterns, such as an element and wiring, are formed in this way next, so that patterns, such as these elements and wiring, may be covered, The semiconductor device which transparent interlayer insulation films, such as  $\text{SiO}_2$ , are formed, and patterns, such as the following element and wiring, are made to be formed on this interlayer insulation film, and is manufactured is making the laminated structure.

[0003]By the way, after forming patterns, such as an element and wiring, in a certain layer on a wafer, and forming an interlayer insulation film so that they may be covered, in order to form patterns, such as an element of the following layer, and wiring, on this interlayer insulation film, To expose the formed film by a desired pattern, it needs to be uniform over the whole film which requires the focusing state (exposed state) of the light to expose. However, in the surface of an interlayer insulation film provided in order to form the following layer on the layer in which patterns, such as an element on a wafer and wiring, were formed, unevenness occurs with patterns, such as an element, wiring, etc. which were formed in the bottom of it. In particular, in recent years, in order to realize highly-precise-izing and densification of a semiconductor device, the minuteness making and multilayering of the pattern formed in a wafer are progressing, and, thereby, unevenness of the surface of the interlayer insulation film formed is increasing. If unevenness of the surface of such an interlayer insulation film increases, it is difficult to make an exposed state uniform over the whole film formed on this interlayer insulation film, and before forming membranes for this reason, flattening processing of an interlayer insulation film will be performed.

[0004]Conventionally, chemical to this flattening processing and the method (CMP:Chemical Mechanical Polishing) of grinding the surface and realizing flattening by a physical action, is used for it. Hereafter, this CMP processing is explained using drawing 20.

[0005]In the figure, the pad 1 is formed in the surface of the grinder 2 with the polish device used. This pad 1 is a sheet of the construction material of the porous shape of hard sponge, and has a detailed hole on that surface. This grinder 2 rotates, and the slurry 5 which is the liquefied abrasive soap in which the detailed abrasive grain was mixed is added and applied to the surface of the pad 1. And the wafer which is not illustrated to the wafer chuck 3 is pushed against the pad 1, and,

thereby, polishing work of the interlayer insulation film currently formed in the surface of the wafer is carried out by the pad 1.

[0006] Since the revolving speed differs, the wafer chuck 3 is moved to the radial direction of the grinder 2, or is rotated in itself, and the interlayer insulation film on a wafer is made to be ground here by the central part and the periphery of the rotating grinder 2 by uniform thickness over the whole. moreover -- in this polish, the abrasive grain of the slurry 5 enters into the detailed hole of the pad 1 -- this hole, although carried out by being held inside, If polishing work of many wafers is carried out, the surface of the pad 1 will collapse, and the polish performance of the pad 1 will fall, and the situation which a foreign matter adheres to the surface of the pad 1, and attaches a crack to the interlayer insulation film of the surface of a wafer will occur. For this reason, the dresser 4 is formed, the surface of the pad 1 is deleted as this is also, and reproduction of a pad surface is performed.

[0007] Although the above is CMP processing, when the interlayer insulation film of a wafer surface is ground by predetermined thickness as an important technical problem in this CMP processing, the termination detection which ends polish is mentioned. Although the termination detection of CMP processing was performing the management computing floor to floor time from the grinding rate evaluated beforehand at first, or by removing a wafer from a CMP processing device whenever it carries out predetermined time polish, and measuring the thickness of a direct interlayer insulation film, Since a grinding rate varies, high-precision management cannot be performed and management takes time and effort.

[0008] As a method of solving this problem, the thickness of an interlayer insulation film is measured to JP,9-7985,A, grinding, and the possible in situ (inch-situ) instrumentation system is indicated in the termination detection in the actual wafer.

[0009] This forms the detection window 6 which penetrates the grinder 2 and the pad 1, as shown in drawing 20. The interlayer insulation film of the surface of a wafer is irradiated with the laser beam of a single wavelength via this detection window 6 from the detecting unit 8. With the detecting unit 8, detect the interference light of the catoptric light from the surface of this interlayer insulation film, and the catoptric light from the pattern currently formed under this interlayer insulation film, and with the thickness evaluation handling unit 7. Change of the thickness of an interlayer insulation film is detected from the change P of the detected strength of this interference light, and termination detection of polishing work is performed.

[0010] Drawing 21 is a figure showing the detected strength change P of the interference light detected with the detecting unit 8 in drawing 20, and it changes periodically so that it may illustrate. The peak magnitude of the interference light at this time is decided by reflectance etc. of an interlayer insulation film, a pattern, etc. which were formed on the surface of the wafer. The cycle of this interference light is decided by the wavelength of a laser beam, the thickness of an interlayer insulation film, and the refractive index of the quality of a film material with which it irradiates, and the amplitude of this interference light. It changes with change of distance (namely, thickness of an interlayer insulation film) with the pattern surface of the layer before [ one ] being formed in the surface of the interlayer insulation film by which polishing work is carried out, and the bottom of it. Therefore, if the intensity of an interference light sets to I at the time t, the thickness of the interlayer insulation film serves as thickness which produces the interference light of this intensity I.

[0011]. Then, the thickness of an interlayer insulation film serves as a terminal point of CMP processing beforehand by calculation or experiment. (That is, flattening of the whole surface of this interlayer insulation film is carried out uniformly) Ask for the intensity I of the interference light when becoming predetermined thickness, and it is made for drawing 20 to explain. Focus detection becomes possible by measuring the intensity of an interference light with the thickness evaluation handling unit 7, carrying out CMP processing of the wafer, and considering it as the terminal point of CMP processing, when this measured intensity becomes equal to the intensity I decided beforehand.

[0012]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]By the way, although the intensity of an interference light changes with advance of polish of the interlayer insulation film of the surface of a wafer with the curve P shown in drawing 21, this intensity change P accompanying time progress is carried out slowly. For this reason, the inclination of this curve P is also small, and even if it detects the predetermined intensity I, it is difficult [ it ] to detect this with sufficient accuracy. For this reason, when were based on the conventional in situ measurement, and a processing amount (polishing quantity) was comparatively large, it was effective, but it was impossible for accuracy to have made termination detection good depending on the case where a processing amount is small, or membrane structure in many cases.

[0013]The problem pair of this invention is carried out [ above-mentioned ], and it is in providing the termination detection method of polishing work of having enabled it to perform termination detection of processing with sufficient accuracy, a device, a semiconductor manufacturing method, and its manufacturing installation irrespective of the amount of polishing work, or membrane structure.

[0014]

[Means for Solving the Problem]To achieve the above objects, a termination detection method of polishing work by this invention and its device, A film formed in the surface of a wafer under polishing work is irradiated with two or more lights, white light, or ultraviolet rays of different wavelength, From intensity of catoptric light from this film, spectral intensity, or intensity of ultraviolet rays, thickness of this film formed in this semiconductor device surface is evaluated, and termination detection of polishing work of this film is carried out. According to this, also when the amount of polishing work is small, detecting accuracy can be raised for a terminal point of polishing work of this film irrespective of membrane structure.

[0015]By including evaluation methods of this thickness in a polishing work device, a manufacturing method of a semiconductor device by this invention and its device evaluate evaluation for a degradation state of a pad of polishing work, and optimize polishing work conditions and dressing (be conspicuous) conditions of a pad in the case of the processing. Thereby, surface smoothness, such as a film formed in a wafer for polishing work, improves more, and highly precise thickness management and quality processing management of it are attained, and it realizes improvement in a throughput.

[0016]A manufacturing method of a semiconductor device by this invention and its device become possible [ evaluating, while processing thickness distribution of a film formed in a wafer and a wafer surface ] by evaluating by evaluation methods of a pad in two or more positions of a wafer surface.

[0017]A manufacturing method of a semiconductor device by this invention and its device enable stability of a CMP process, and optimization based on a thickness evaluation result of a film formed in a wafer surface.

[0018]A manufacturing installation of a semiconductor device by this invention, An irradiation means which irradiates with an above-mentioned light and ultraviolet rays a polishing means which grinds a film formed on the surface of a wafer, and this film formed during this polishing work in a wafer surface, Based on intensity of catoptric light detected by detection means to detect catoptric light or ultraviolet rays from this film formed in a wafer surface, and this detection means, spectral intensity, or intensity of ultraviolet rays, it has composition provided with a processing circuit part which evaluates thickness of a film formed in a wafer surface.

[0019]

[Embodiment of the Invention]Hereafter, the embodiment of this invention is described using a drawing. Although the embodiment described below shall be based on the CMP processing explained by drawing 20, this invention is not restricted only to this.

[0020]Drawing 1 is a lineblock diagram showing the important section of the termination detection method of the polishing work by this invention, and a 1st embodiment of a device, As for a dichroic

mirror and 14, a lens and 12 are [ a photodetector and 17 ] wafers a lens, and 15 and 16 a beam splitter and 13, and an object lens and 18 omit the explanation which 9 and 10 attach a laser light source, and 11 attaches identical codes to the portion corresponding to drawing 20, and overlaps. [0021]In the figure, laser beam  $L_1$  of different wavelength and  $L_2$  are outputted from the laser light sources 9 and 10. After being used as a beam with the lens 11, it is reflected by the beam splitter 12, respectively, and these laser beam  $L_1$  and  $L_2$  the object lens 17 and the grinder 2, and the pad 1 via the detection window 6 provided by penetrating. The wafer 18 held at the wafer chuck 3 glares from the interlayer insulation film (not shown) side. Laser beam  $L_1$  from the laser light sources 9 and 10 reflected by the beam splitter 12 in this case and  $L_2$  do not necessarily need to be on the same optic axis.

[0022]Interference light  $P_1$  of each laser beam  $L_1$  produced by reflection of the above of the wafer 18 and every  $L_2$  and  $P_2$  pass along the detection window 6, the object lens 17, and the beam splitter 12, and these are separated by wavelength with the dichroic mirror 13. That is, it is reflected with the dichroic mirror 13 and interference light  $P_1$  by laser beam  $L_1$  from the laser light source 9 is detected with the photodetector 15 via the lens 14, for example. Interference light  $P_2$  by laser beam  $L_2$  from the laser light source 10 penetrates the dichroic mirror 13, and is detected with the photodetector 16 via the lens 14, for example. The thickness evaluation handling unit 7 manages the polishing condition of the wafer 18 based on the detect output of these photodetectors 15 and 16, and performs termination detection of the polish.

[0023]In the above composition, the laser light sources 9 and 10, the lenses 11 and 14, the beam splitter 12, the dichroic mirror 13, the photodetectors 15 and 16, and the object lens 17 constitute the detecting unit 8 in drawing 20. It is the same about other embodiments.

[0024]Although it was made for the dichroic mirror 13 to separate interference light  $P_1$  by laser beam  $L_1$  of different wavelength, and  $L_2$ , and  $P_2$  in the embodiment shown in drawing 1, it may be made to dissociate using the diffraction grating 19, as shown in drawing 2 as a 2nd embodiment. It may be made to use the other wavelength division means, such as prism.

[0025]As the photodetectors 15 and 16 of drawing 1 and drawing 2, photosensors other than CCD sensors, such as a CCD two-dimensional sensor and a one-dimensional line sensor, may be used.

[0026]When the one detection window 6 is formed in the grinder 2 and the wafer 18 is on the extension wire of the optic axis of the object lens 17 in drawing 1 and drawing 2, the photodetectors 15 and 16 detect interference light  $P_1$  and  $P_2$  intermittently 1 time respectively to one rotation of the grinder 2, but. These interference light  $P_1$  and  $P_2$  are not necessarily required because of the thickness detection of an interlayer insulation film in which the wafer 17 tends to carry out surface lapping.

[0027]That is, in drawing 3,  $S_2$  shall be used as the interlayer insulation film laminated last time, the pattern E shall be formed on this interlayer insulation film  $S_2$ , interlayer insulation film  $S_1$  shall be formed so that this may be covered, and polishing work of this interlayer insulation film  $S_1$  shall be carried out to the thickness of the dashed dotted line A now. In the case of the embodiment shown by drawing 1 and drawing 2 (the same about other embodiments mentioned later). Not only in interference light  $P_X$  of optical  $L_{X1}$  reflected on the surface of interlayer insulation film  $S_1$ , and optical  $L_{X2}$  reflected on the surface of the pattern E in interlayer insulation film  $S_1$ , Interference light  $P_Y$  of optical  $L_{Y1}$  reflected on the surface of interlayer insulation film  $S_1$  and optical  $L_{Y2}$  reflected on the surface of pattern E' in interlayer insulation film  $S_2$  will also be detected.

[0028]Drawing 4 is a figure showing one example of the termination detection method of the



polishing work by drawing 1 and the thickness evaluation handling unit 7 in drawing 2.

[0029]The detection result of the photodetectors 15 and 16 is supplied to this thickness evaluation handling unit 7. These detection results are shown like drawing 4. Namely, intensity change of interference light  $P_1$  according [ curvilinear (solid line)  $P_1$  ] to laser beam  $L_1$  from the laser light source 9, Curvilinear (dashed line)  $P_2$  shows intensity change of interference light  $P_2$  by laser beam  $L_2$  from the laser light source 10, respectively, and laser beam  $L_2$  from the laser light source 10 is taken as what has long wavelength here rather than laser beam  $L_1$  from the laser light source 9. Therefore, the intensity of these interference light  $P_1$  to the thickness of the interlayer insulation film of the surface of the wafer 18 and  $P_2$  usually differs mutually.

[0030]So, in the thickness evaluation handling unit 7, it asks for intensity  $I_1$  of these interference light  $P_1$  [ in the terminal point of polishing work where the thickness of this interlayer insulation film serves as a predetermined value ], and  $P_2$ , and  $I_2$  beforehand by calculation, experiment, etc., When interference light  $P_1$  turns into intensity  $I_1$  from the detection result of the photodetector 15 and interference light  $P_2$  turns into intensity  $I_2$  from the detection result of the photodetector 16, it is considered as the terminal point t of polishing work.

[0031]In performing termination detection independently [ / interference light  $P_1$  ], using interference light  $P_2$  independently, As the above-mentioned conventional technology explained, a terminal point is undetectable with sufficient accuracy, but like this example, Since it compensates these detection errors mutually in considering it as the terminal point of polishing work when two these interference light  $P_1$  and  $P_2$  are combined and such intensity becomes above prescribed strength  $I_1$  and  $I_2$  simultaneously, the accuracy of termination detection will increase.

[0032]The terminal point of polishing work is [ in / as mentioned above / this example ] detectable with sufficient accuracy. Therefore, also when polishing quantity is small, the termination detection of high-precision polishing work becomes possible irrespective of the membrane structure in the wafer 18.

[0033]Although the two laser light sources 9 and 10 were formed and laser beam  $L_1$  of two different wavelength and  $L_2$  were used as a light source in this example, Using three or more laser light sources, the laser beam of three or more kinds of wavelength may be used, and the combination of the intensity of the interference light of these laser beams can detect the terminal point of polishing work.

[0034]Drawing 5 is a figure showing other examples of the termination detection method of the polishing work by drawing 1 and the thickness evaluation handling unit 7 in drawing 2. This example calculates the ratio of the detection result of the photodetectors 15 and 16, and detects the terminal point of polishing work by this.

[0035]Namely, although the intensity of interference light  $P_1$  shown in drawing 4 and  $P_2$  is obtained also in this example, When it becomes equal to value  $X_1$  at the time of the thickness which was asked for these intensity ratio  $P_1/P_2$ , and was asked for this intensity ratio  $P_1/P_2$  by calculation, experiment, etc., it is considered as the terminal point t of polishing work.

[0036]in this case, the ratio of the intensity of interference light  $P_1$  shown in drawing 4, and  $P_2$  --- when it asks for  $P_1/P_2$ , as shown in drawing 5, that characteristic rises steeply and there are a portion which falls steeply, and a portion



with loose falling which rises. What is necessary is according to this embodiment, to rise naturally, to detect an end point in a portion with steep falling, and just to use laser beam  $L_1$  of wavelength which satisfies this, and  $L_2$  for the purpose.

[0037] Since the terminal point of polishing work is detectable in a portion with the steep characteristic by doing in this way, high-precision termination detection is realizable.

[0038] So that the intensity of the interference light detected with the photodetectors 15 and 16 may change with differences in the kind of wafer 18 etc. which carry out polishing work and it may mention later, Can also use the thing of transparent construction material as the pad 1, and in such a case. Although it is not necessary to open the hole penetrated by the detection window 6, if the surface state of the pad 1 changes with continuation of polishing work, Although a transparent plate is formed in the detection window 6 and the slurry 5 (drawing 20) etc. are kept from being leakage from the detection window 6 at the optical system of the object lens 17 etc. so that the light transmission state of a there may change, and the intensity of the interference light detected with the photodetectors 15 and 16 may change and it may mention later, Although the intensity of the interference light detected with the photodetectors 15 and 16 when this transparent plate is covered with the slurry 5 etc. and that transmissivity falls may change, As shown in drawing 5, when detecting the terminal point of polishing work from rate of intensity ratio  $P_1/P_2$  of interference light  $P_1$  and  $P_2$ , it is canceled when the above influences take a ratio, and the influence can be prevented.

[0039] In the example shown in drawing 5, when intensity ratio  $P_1/P_2$  reached value  $X_1$  set up beforehand directly, considered it as the terminal point  $t$  of polishing work, but. When intensity ratio  $P_1/P_2$  which passed over peak point  $Q_1$  of intensity ratio  $P_1/P_2$  considers it as terminal point  $t_1$  by point  $Q_2$  equal to value  $X_2$  set up beforehand directly, When it asks for time  $\Delta t$  to point  $Q_2$  from this peak point  $Q_1$  in calculation, an experiment, etc. beforehand and peak point  $Q_1$  of intensity ratio  $P_1/P_2$  is detected (time  $t_0$ ), it is good also as terminal point  $t_1$  of polishing work to measure time  $\Delta t$ . In this case, since the characteristic of intensity ratio  $P_1/P_2$  is steep, that peak point  $Q_1$  is detectable with sufficient accuracy.

[0040] It is good also considering the time of detecting a standup with the steep characteristic of intensity ratio  $P_1/P_2$ , or the arbitrary points of falling, and carrying out specified time elapse from this detecting point instead of this peak point  $Q_1$ , as a terminal point of polishing work.

[0041] By the example shown in drawing 4, similarly Predetermined intensity  $I_1$  of interference light  $P_1$  at the time before the terminal point of polishing work, and  $P_2$  and  $I_2$ , After asking for time  $\Delta t$  from the time of these intensity being detected simultaneously to the terminal point of polishing work beforehand and detecting these intensity  $I_1$  and  $I_2$  simultaneously, it is good also considering the time of time  $\Delta t$  passing as a terminal point of polishing work.

[0042] The terminal point of polishing work is [ in / as mentioned above / this example ] detectable with sufficient accuracy. Therefore, also when polishing quantity is small, the termination detection of high-precision polishing work becomes possible irrespective of the membrane structure in the wafer 18.

[0043] Here, drawing 6 explains the processing operation of the above focus detection.

[0044] Drawing 6 (a) is a flow chart which shows the processing operation of the focus detection shown in drawing 4, or the processing operation for detecting  $t$  at the end time of detection of drawing 5. If detection of interference light  $P_1$  and  $P_2$  is performed and interference light  $P_1$  and  $P_2$  are detected with the photodetectors 15 and 16 (Step 100), (in the case of drawing 4). [ whether they are relation  $I_1$  of the regulation asks for the intensity of these interference light  $P_1$  and  $P_2$ , and these relations of carry out termination detection, and  $I_2$ , and ] Or ask for the intensity of these interference light  $P_1$  and  $P_2$ , and it is judged whether these intensity ratio  $P_1/P_2$  have a regular value (Step 101,102) (in the case of drawing 5). When it does not have such a relation or such a value, it returns to Step 100 and waits for detection of the following interference light, but when it has such a relation or such a value, it judges with the terminal point of polishing work (Step 103).

[0045] Drawing 6 (b) is a flow chart which shows the processing operation in the case of considering it as the time of doing time  $\Delta t$  progress of at which the terminal point was beforehand set up from the peak of intensity ratio  $P_1/P_2$  in drawing 5. If detection of interference light  $P_1$  and  $P_2$  is performed and interference light  $P_1$  and  $P_2$  are detected with the photodetectors 15 and 16 (Step 200), Judge whether intensity ratio  $P_1/P_2$  of these interference light  $P_1$  and  $P_2$  is a peak value (Step 201), and when it is not a peak value, Although it returns to Step 200 and waits for detection of the following interference light, when it is a peak value, time measurement is started (Step 202) and it judges [ do / time /  $\Delta t$  progress of ] with the terminal point of polishing work (Step 204). (Step 203)

[0046] The processing operation in the case of becoming value  $I_1$  to which the detected strength of interference light  $P_1$  and  $P_2$  was set beforehand simultaneously, and  $I_2$ , and only the time  $\Delta t$  set up further beforehand from now on continuing polishing work by drawing 4, and considering it as the terminal point of polishing work is the same as that of drawing 6 (b).

[0047] drawing 7 is a lineblock diagram showing the important section of the termination detection method of the polishing work by this invention, and a 3rd embodiment of a device, 20 is a white light source and 21 is a spectroscope -- the above -- the explanation which attaches identical codes to the portion corresponding to a drawing, and overlaps is omitted. A white light source is used for this 3rd embodiment as a light source.

[0048] In drawing 7, the white light  $L$  is outputted from the white light source 20. After this white light  $L$  is used as a beam with the lens 11, it is reflected by the beam splitter 12 and irradiated with it by the wafer 18 from that interlayer insulation film (not shown) side via the object lens 17 and the detection window 6. Also in this case, like a previous embodiment, the catoptric light from the surface of an interlayer insulation film and the catoptric light from the pattern surface under it interfere in the white light  $L$ , and the compound light (this is also hereafter called interference light)  $P$  of these interference lights produces it for every wavelength component of that. This interference light  $P$  passes along the detection window 6, the object lens 17, and the beam splitter 12, it is detected with the spectroscope 21, and the spectral intensity data of the interference light for every wavelength is obtained. This spectral intensity data is supplied to the thickness evaluation handling unit 7, and the terminal point of polishing work is detected based on this spectral intensity.

[0049] Here the termination detection of the polishing work based on this spectral intensity data, The intensity

distribution which consists of intensity of the interference light of each wavelength in the interference light P in case the thickness of the interlayer insulation film of the surface of the wafer 18 becomes a predetermined value to which flattening of the surface is carried out is beforehand searched for for calculation or an experiment, When the intensity distribution of the interference light P by the spectral intensity data from the spectroscope 21 becomes equal to this intensity distribution set up beforehand, polishing work carries out a terminal point.

[0050]In this case, like [ it is arbitrary two or more kinds, and ] the example shown by drawing 4 as wavelength used for the termination detection in the white light L, although accurate termination detection becomes possible, it cannot so be overemphasized that there are many kinds of wavelength to be used that accuracy becomes high. Of course, it is more desirable to use that from which wavelength differs to some extent mutually, when there are few kinds of wavelength to be used.

[0051]As the white light source 20, a light source with large wavelength band regions, such as a halogen lamp and a xenon lamp, may be used, and photosensors other than CCD sensors, such as a CCD two-dimensional sensor and a one-dimensional line sensor, may be used as a primary detecting element of the interference light P of the spectroscope 21.

[0052]Drawing 8 is a lineblock diagram showing the important section of the termination detection method of the polishing work by this invention, and a 4th embodiment of a device, as for the beam splitter for ultraviolet rays, and 17', the lens for ultraviolet rays and 12' of the object lens for ultraviolet rays and 14' are [ 11' / an ultraviolet-rays generating means and 23 ] ultraviolet-rays detectors, such as photomultiplier, the lens for ultraviolet rays, and 22 — the above — the explanation which attaches identical codes to the portion corresponding to a drawing, and overlaps is omitted. Ultraviolet rays with brief wavelength are used for this 4th embodiment to visible light.

[0053]In drawing 8, ultraviolet rays are outputted from the ultraviolet-rays generating means 22. After these ultraviolet rays are used as a beam by lens 11', it is reflected by beam splitter 12', and is irradiated with them by the wafer 18 from that interlayer insulation film (not shown) side via object lens 17' and the detection window 6. If ultraviolet rays are irradiated by this interlayer insulation film, interference will arise in the reflected ultraviolet rays like a previous embodiment. Reflective ultraviolet-rays P' accompanied by this interference passes along the detection window 6, object lens 17', and beam splitter 12', it is detected with the ultraviolet-rays detector 23, and that strength data is obtained. This strength data is supplied to the thickness evaluation handling unit 7, and the terminal point of polishing work is detected based on this intensity.

[0054]Although intensity change of the catoptric light (interference light) P from the film formed in the surface of a wafer when drawing 9 (a) uses one conventional visible light is shown, drawing 9 (b) shows intensity change of reflective ultraviolet-rays P' obtained with the thickness evaluation handling unit 7 in the embodiment shown by drawing 8. In the embodiment which compared the Drawing (a) and (b), and showed it to drawing 8 compared with the conventional technology using visible light so that clearly, the cycle of intensity change obtained will be short, the characteristic of a steep inclination or a peak will be obtained, and high accuracy can detect the terminal point of polishing work. It cannot be overemphasized that the two termination detection methods explained by drawing 5 can be used also here.

[0055]point Q' which becomes a terminal point of polishing work in drawing 9 (b) — although point Q'' of the before same intensity I as this point Q' is obtained, in such a case, it can be known by calculation or experiment whether the time of this intensity I being obtained by what time will be made into the terminal point of polishing work. Also in the

termination detection method explained by drawing 4 and drawing 5, such a thing is the same.

[0056]As mentioned above, each above-mentioned embodiment estimates the thickness of the film formed in the surface of the wafer 18 by using an in situ instrumentation system during the polishing work for carrying out flattening of the interlayer insulation film formed in the wafer surface (i.e., while the grinder 2 rotates). Therefore, it fixes to the grinder 2, and may be made to rotate simultaneously with this grinder 2 the whole optical system (portion from the light source in each embodiment to a detector), the grinder 2 may make an optical system become independent, and it may fix to the regular position. Only the object lens 17 is fixed to the grinder 2, and how to rotate simultaneously with the grinder 2 is also considered. What is necessary is to, irradiate with optical store ultraviolet rays the film formed during polishing work in the wafer surface in short, and just to be able to detect the catoptric light and reflective ultraviolet rays.

[0057]While carrying out polishing work of some wafers, the optical characteristics, such as the pad 1, may change. For this reason, when evaluating that variation beforehand and evaluating the intensity of catoptric light or reflective ultraviolet rays, and intensity distribution, the influence by this change can be reduced by making change of the optical characteristics, such as the pad 1, reflect in this.

[0058]Drawing 10 - drawing 14 are the top views showing the example of the aperture shape of the hole (detection hole) which constitutes the detection window 6 provided in a polish device.

[0059]Although one thing which has the circular aperture shape of the detection hole 24 may be provided in the grinder 2 which formed the pad 1 as the detection window 6 in each above-mentioned embodiment as shown in drawing 10 (in this case) It may enlarge as [ show / it may be smaller than the diameter of this detection hole 24, and / the diameter of optical beam L from a light source / a dashed line ]. As shown in drawing 11, it is good also as aperture shape of the radially long and slender rectangular shape of the grinder 2. In this case, as optical beam L, that sectional shape may be made into slit shape etc., and the size of that section may also be made larger than the detection hole 24 (when making it larger than the detection hole 24, a section is good also as elliptical optical beam L so that a dashed line may illustrate). By using such optical beam L, the average of the thickness of the radial direction of the interlayer insulation film of a wafer surface can be detected, the amount of detection light also increases, it is highly precise and termination detection can be realized.

[0060]In using optical beam L of slit shape in this way, This optical beam L by being reflected at the place where the radial directions of the interlayer insulation film of the wafer surface by which polishing work is carried out differ, and detecting with the photodetector which has a line sensor for this interference light of the reflected slit shape, It is possible to detect the thickness in the place of each radial direction of an interlayer insulation film. When carrying out polishing work of the interlayer insulation film of a wafer surface, depending on how to apply the thrust to a wafer chuck, may not become uniform by the radial direction about the amount of polishing work of an interlayer insulation film, but. This unevenness can be removed by controlling how to apply the thrust to a wafer chuck according to the detection result of this thickness.

[0061]The example of the detection window 6 shown in drawing 12 makes two or more detection holes 24 the thing of the grinder 2 radially arranged to one row. It lets optical beam L pass to each detection hole 24, and this example can estimate the thickness in the radial direction of an interlayer insulation film like the example shown in drawing 11. Of course, the average of the thickness of the radial direction of the interlayer insulation film of a wafer surface is

detectable like the example shown in drawing 11 by detecting and adding the reflective interference light passing through these detection holes 24.

[0062]The example of the detection window 6 shown in drawing 13 arranges two or more detection holes 24 in on the same circumference of the grinder 2. As arranged to the part on this circumference, it is illustrating, but it is made to arrange at equal intervals over this whole circumference here. In the example shown in drawing 10 – drawing 12, when the optical system is being fixed, detection of a reflective interference light is made only once to one rotation of the grinder 2, but in using the detection window 6 shown in drawing 13, it can almost always perform detection of this interference light. As these detection holes 24, it is good also as not a circular hole but a circular hole with predetermined length.

[0063]From the first, as shown in drawing 14, the thin slot 25 of a large number which intersect perpendicularly mutually is formed in the surface of the pad 1 on the grinder 2, but it may be made to form the one or more detection holes 24 of the detection window 6 along this slot 25. Since the detection hole 24 is established in the portion of the slot 25 which already exists according to this, the influence on the polish by opening a hole in the pad 1 itself, for example, the increase in a scratch, etc., can be made small enough.

[0064]drawing 15 and drawing 16 are the figures showing the example of the internal structure of the detection window 6 provided in the polish device, respectively, 26 is a transparent pad and 27 is an optical window -- the above -- the explanation which attaches identical codes to the portion corresponding to a drawing, and overlaps is omitted.

[0065]As the example shown in drawing 15, uses the pad in the detection window 6 as the transparent pad 26 and supports this transparent Bud 26, it makes the structure which formed the optical window 27 which takes up the detection hole 24 of the detection window 6. This optical window 27 consists of a thin glass plate with constant thickness, etc. It is good also considering the putt 1 whole as a transparent thing.

[0066]Like the example shown in drawing 16, it is good also as the pore 1a to cut and lack the portion of the detection hole 24 of the detection window 6 in the pad 1. However, since the slurry 5 (drawing 20) which spread on the pad 1 collects on the optical window 27 of this pore 1a and reduces the transmissivity of this optical window 27 in this case, it is required to provide the tap hole of this slurry 5 so that it may not flow into the inside of the detection hole 24 or the object lens 17.

[0067]It may be made to embed the optical window 27 at pad 1 the very thing.

[0068]Drawing 17 is a figure showing the manufacturing method of the semiconductor device by this invention, and the wafer polishing process of one embodiment of the device, 28 a thickness evaluation data decision processing unit and 29 an alarm device and 30 Pad unit replacement, as for a dressing control unit and 32, a wafer chuck control unit and 34 are grinder control units a slurry feed control unit and 33 31 -- the above -- the explanation which attaches identical codes to the portion corresponding to a drawing, and overlaps is omitted. The termination detection method by this invention previously explained to polish of the interlayer insulation film of a wafer surface and the polish device (CMP polishing work device) by that device are used for this embodiment.

[0069]In the figure, the wafer 18 (not shown) is held at the wafer chuck 3, as for the detection result of under polishing work and the detecting unit 8, the interlayer insulation film of the surface is evaluated with the thickness evaluation handling unit 7, and the thickness evaluation data obtained as a result of the evaluation is supplied to the thickness evaluation data decision processing unit 28. The thickness evaluation data decision processing unit 28 judges the

processing condition of a CMP polishing work device from this thickness evaluation data, The alarm device 29, the pad unit replacement 30, the dressing control unit 31, the slurry feed control unit 32, the wafer chuck control unit 33, and the grinder control unit 34 are controlled.

[0070]If the thickness of the interlayer insulation film of a wafer surface serves as a predetermined value as drawing 4, drawing 5, etc. explained, and flattening of this membrane surface is carried out, the thickness evaluation data decision processing unit 28 will judge this from the thickness evaluation data from the thickness evaluation handling unit 7, and will drive the alarm device 29. Thereby, the alarm device 29 emits alarm and a worker is told about the wafer having reached the terminal point of polishing work. While stopping rotation of the grinder 2, the wafer chuck 3 is raised, a wafer is canceled of the pressing state to the putt 1, and it may be made to terminate polishing work with this.

[0071]The thickness evaluation data decision processing unit 28 can process the thickness evaluation data from the thickness evaluation handling unit 7, and can judge the state of the pad 1. For this reason, as it asks for the time mean intensity of the catoptric light (reflective ultraviolet rays) from [ from the detection result from the detecting unit 8 ] a wafer again and the thickness evaluation data decision processing unit 28 is shown in drawing 18, the thickness evaluation handling unit 7, Change of this mean intensity to the number of sheets of the wafer which carried out polishing work is evaluated, and it compares with the threshold which set this up beforehand. And if mean intensity becomes smaller than this threshold, it will judge with that in which the pad 1 deteriorated, and the putt unit replacement 30 will be driven. Thereby, the pad unit replacement 30 operates an alarm occurrence etc., and notifies a worker of the necessity for putt exchange.

[0072]The fluctuation period (.) of detected strength as the thickness evaluation handling unit 7 shows by drawing 4, drawing 5, etc. from the detected strength detected with the detecting unit 8 Or a grinding rate is computed by evaluating the polishing time to the thickness decided beforehand, Based on this computed result, the thickness evaluation data decision processing unit 28 judges the surface state of the pad 1, and the polishing condition of the interlayer insulation film of a wafer surface (if a grinding rate falls, the cycle or the above-mentioned polishing time of detected strength will become long). And based on this decision result, the thickness evaluation data decision processing unit 28 operates the dressing control unit 31, optimizes dressing conditions, such as thrust (dressing pressure) of the dresser 4, number of rotations, rocking movement, and enables it to prevent the fall of a grinding rate.

[0073]If a relation between the time mean intensity and grinding rate of catoptric light or reflective ultraviolet rays which were detected as shown in drawing 19 is and mean intensity becomes small, the grinding rate will also fall. Then, in drawing 17 the thickness evaluation data decision processing unit 28, A grinding rate is judged from the thickness evaluation data of the mean intensity from the thickness evaluation handling unit 7, Operate the thriller supply control unit 32 and supply of the slurry 5 is controlled, The optimal grinding rate is set up by operating the wafer chuck control unit 33, and controlling the thrust to the pad 1 of a wafer, or controlling the grinder control unit 34, and changing revolving speed of the grinder 2.

[0074]When the wafer chuck control unit 33 is what can control the pressure distribution to the pad 1 in a wafer surface, By forming the detection window 6 and detecting the thickness distribution of the radial direction of the interlayer insulation film of the wafer 7 surface, as shown in drawing 11 or drawing 12, According to the detection result, the thickness evaluation data decision processing unit 28 can control the wafer chuck control unit 33, and polishing work can be carried out so that an interlayer insulation film may serve as uniform thickness almost over the whole surface.

Thereby, the homogeneous high polishing work of the interlayer insulation film of a wafer surface becomes possible.

[0075]In the embodiment shown in drawing 17, one example of the judgment method to a feedback place is shown, and it is not restricted to the above-mentioned thing as the judgment method. A device operation person may be made to perform operation in accordance with the result of the above-mentioned judgment and a judgment by a manual, and it may be made to be carried out automatically.

[0076]

[Effect of the Invention]As explained above, according to this invention, the highly precise termination detection in polishing work becomes possible, and highly precise polishing work management is attained.

[0077]Improvement in the throughput of a process can be aimed at by building into a polishing work process the handling unit which performs this termination detection. For example, in the CMP polishing work process in the method and production line which manufacture a semiconductor device on a wafer, it becomes possible to perform termination detection with high precision, and improvement in a throughput of a process can be aimed at.

---

[Translation done.]



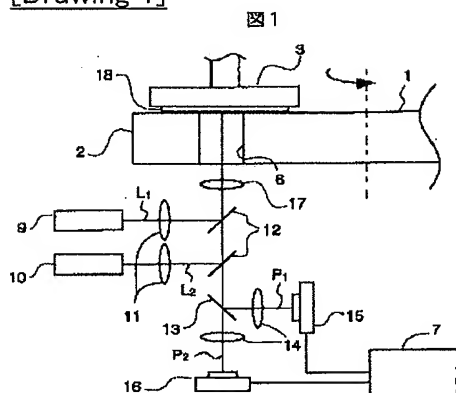
\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

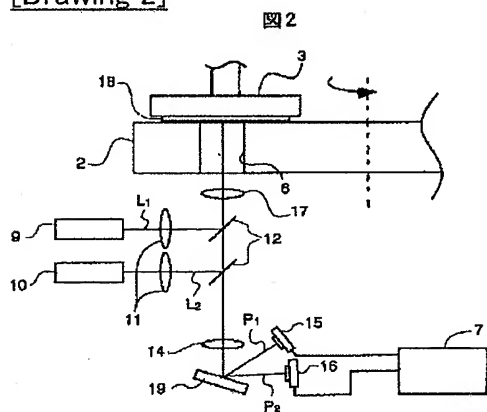
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

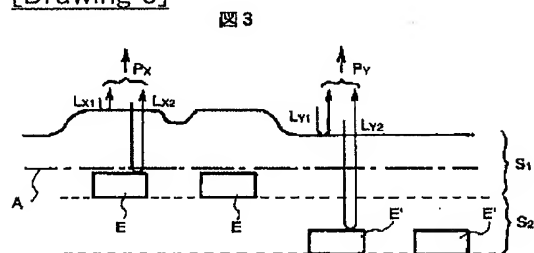
[Drawing 1]



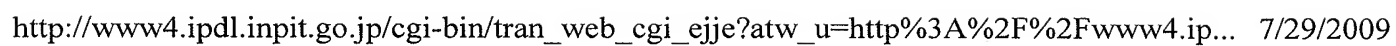
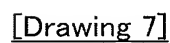
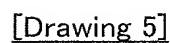
[Drawing 2]



[Drawing 3]

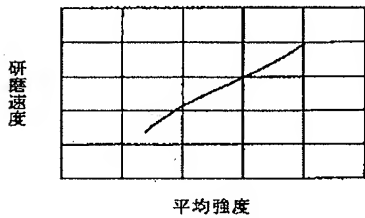


[Drawing 4]



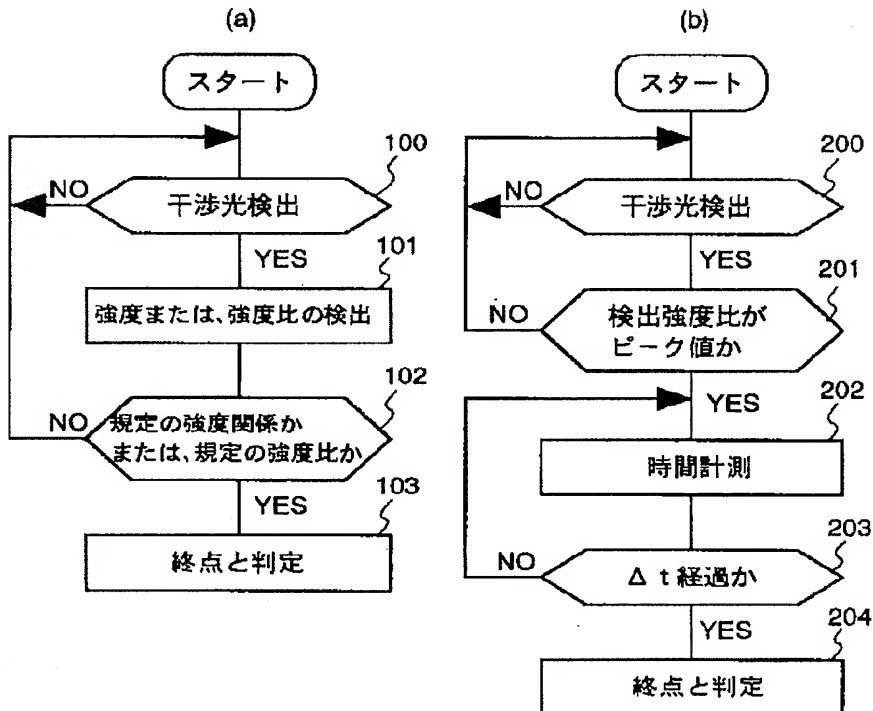
[Drawing 19]

図 19



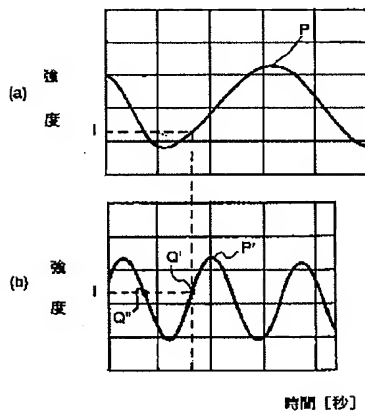
[Drawing 6]

図 6



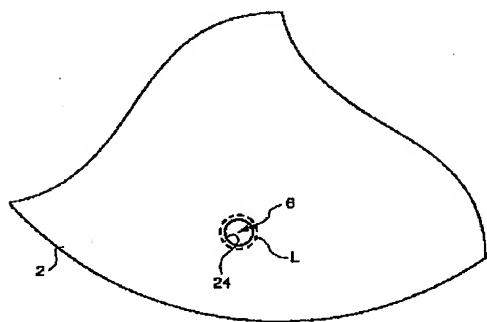
[Drawing 9]

図 9



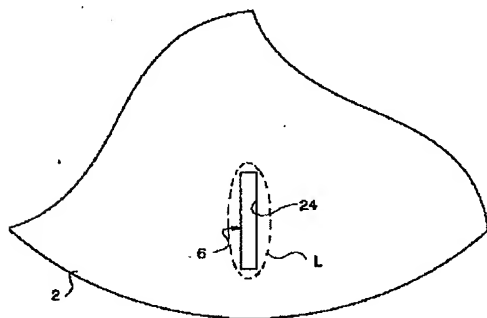
[Drawing 10]

図 10



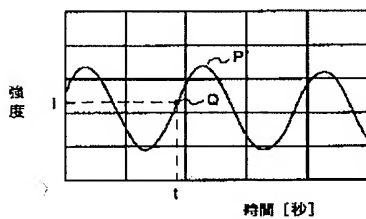
[Drawing 11]

図 11



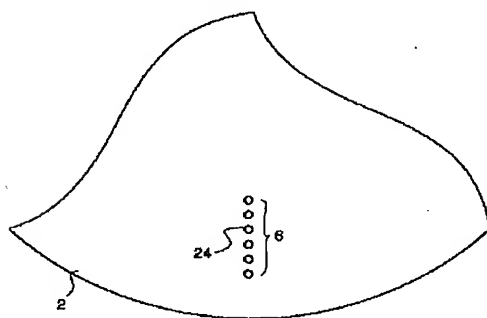
[Drawing 21]

図 21



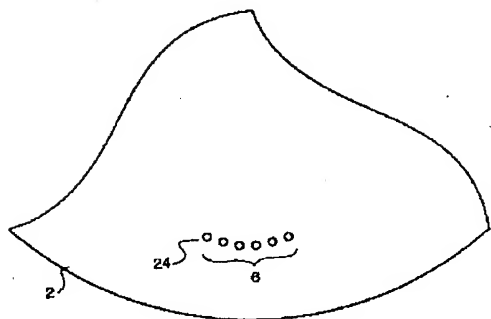
[Drawing 12]

図 12



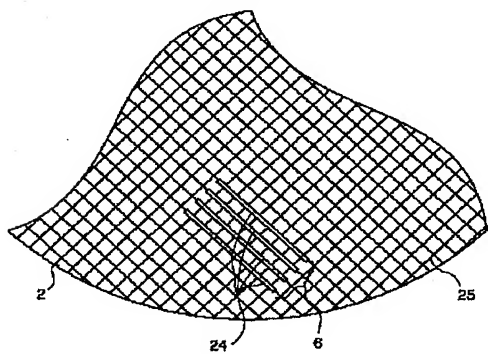
[Drawing 13]

図13



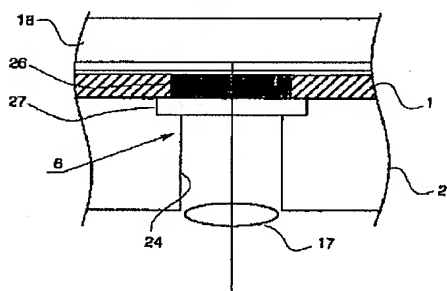
[Drawing 14]

図14



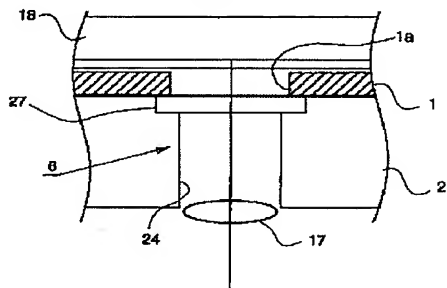
[Drawing 15]

図15



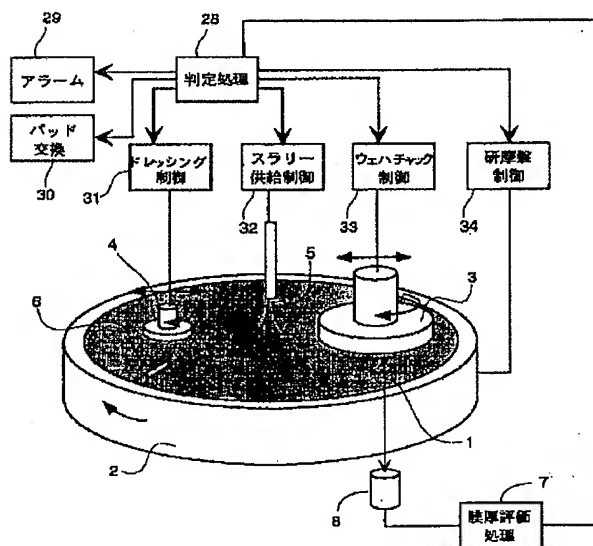
[Drawing 16]

図16



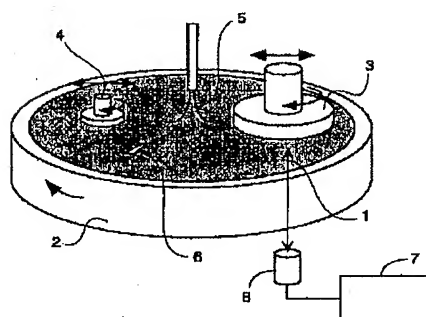
[Drawing 17]

図 17



[Drawing 20]

図 20



[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-124496

(P2002-124496A)

(43)公開日 平成14年4月26日(2002.4.26)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード*(参考)
H 0 1 L 21/304	6 2 2	H 0 1 L 21/304	6 2 2 S 3 C 0 4 7
B 2 4 B 37/00		B 2 4 B 37/00	A 3 C 0 5 8
37/04		37/04	K 5 F 0 4 3
53/00		53/00	A
H 0 1 L 21/306		H 0 1 L 21/306	U
審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全 13 頁)			

(21)出願番号 特願2000-318202(P2000-318202)

(22)出願日 平成12年10月18日(2000.10.18)

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 廣瀬 丈師

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内

(72)発明者 野本 峰生

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内

(74)代理人 100093492

弁理士 鈴木 市郎 (外1名)

最終頁に続く

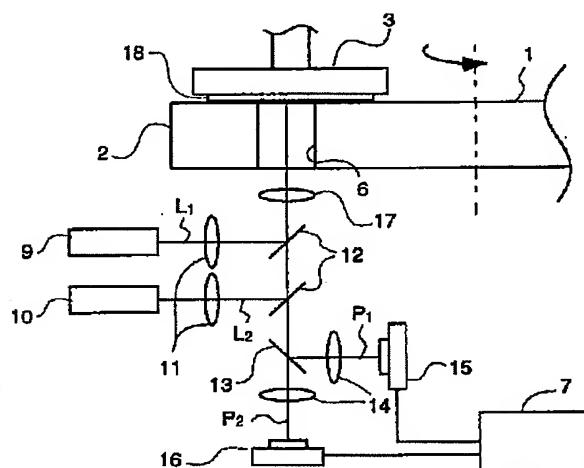
(54)【発明の名称】 研磨加工の終点検出計測方法及びその装置、並びにそれを用いた半導体デバイスの製造方法及びその製造装置

(57)【要約】

【課題】 CMP加工によって研磨加工するウェハ表面の層間絶縁膜の膜厚を精度良く検出可能とすることにより、研磨加工の終点検出の精度を高める。

【解決手段】 レーザ源9、10から波長の異なるレーザ光 $L_1$ 、 $L_2$ を出力し、ビームスプリッタ12を介して検出窓6から、パッド1によって研磨加工されるウェハ18の表面に形成した図示しない層間絶縁膜に照射する。夫々のレーザ光 $L_1$ 、 $L_2$ は、この層間絶縁膜の表面とその表面の下のパターンとから反射されて干渉光となり、これら干渉光は検出窓6、ビームスプリッタ12、ダイクロイックミラー13を介して異なる光検出器15、16で検出される。それらの検出結果は膜厚評価処理ユニット7に供給され、これらレーザ光 $L_1$ 、 $L_2$ 夫々に対する反射干渉光の強度の関係、もしくはこれらの強度比から層間絶縁膜の膜厚が検出され、この膜厚が所定の値のとき、この研磨加工の終点とする。

図1





## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 研磨加工中のウェハ表面に形成した膜に 2 つ以上の異なる波長の光を同時に照射して該膜からの夫々の反射光を検出し、該検出した夫々の反射光の強度の関係に基づいて該膜の研磨加工の終点を検出することを特徴とする研磨加工の終点検出方法。

【請求項 2】 請求項 1 において、前記検出した夫々の反射光の強度比に基づいて前記研磨加工の終点を検出することを特徴とする研磨加工の終点検出方法。

【請求項 3】 研磨加工中のウェハ表面に形成した膜に白色光を照射して該膜からの反射光を検出し、該反射光の強度の分光強度に基づいて該膜の研磨加工の終点を検出することを特徴とする研磨加工の終点検出方法。

【請求項 4】 研磨加工中のウェハ表面に形成した膜に紫外線を照射して該膜から反射される紫外線を検出し、検出した該紫外線の強度に基づいて該膜の研磨加工の終点を検出することを特徴とする研磨加工の終点検出方法。

【請求項 5】 研磨加工中のウェハ表面に形成した膜に 2 つ以上の異なる光を同時に照射する照射手段と、該膜からの夫々の反射光を検出する検出手段と、該検出した夫々の反射光の強度の関係に基づいて該膜の研磨加工の終点を検出する処理手段とを備えることを特徴とする研磨加工の終点検出装置。

【請求項 6】 請求項 5 において、前記処理手段は、前記検出した夫々の反射光の強度比に基づいて前記膜の研磨加工の終点を検出することを特徴とする研磨加工の終点検出装置。

【請求項 7】 研磨加工中のウェハ表面に形成した膜に白色光を照射する照射手段と、該膜からの反射光を検出する検出手段と、該検出した反射光の分光強度の関係に基づいて該膜の研磨加工の終点を検出する処理手段とを備えることを特徴とする研磨加工の終点検出装置。

【請求項 8】 研磨加工中のウェハ表面に形成した膜に紫外線を照射する照射手段と、該膜から反射された該紫外線を検出する検出手段と、該検出した紫外線の強度の関係に基づいて該膜の研磨加工の終点を検出する処理手段とを備えることを特徴とする研磨加工の終点検出装置。

【請求項 9】 ウェハの表面に形成した膜を研磨加工する工程で、請求項 1～4 のいずれか 1 つに記載の研磨加工の終点検出方法を用いて該研磨加工の終点を検出することを特徴とする半導体デバイスの製造方法。

【請求項 10】 ウェハの表面に形成した膜を研磨加工する工程で、請求項 1～4 のいずれか 1 つに記載の研磨加工の終点検出方法で検出される反射光の強度に基づいて該膜の研磨レートを評価し、この評価結果に基づいて、研磨加工に用いるパッドへのドレッサのドレッシン

グ条件を最適化することを特徴とする半導体デバイスの製造方法。

【請求項 11】 請求項 10 において、前記ドレッシング条件は、前記ドレッサのドレッシング圧力、回転数、揺動運動の周期、ドレッシングに用いる加工具の種類の少なくともいずれか 1 つであることを特徴とする半導体デバイスの製造方法。

【請求項 12】 ウェハの表面に形成した膜を研磨加工する工程で、請求項 1～4 のいずれか 1 つに記載の研磨加工の終点検出方法で検出される反射光の強度に基づいて該膜の研磨レートを評価し、この評価結果に基づいて、該ウェハの膜の加工条件を最適化することを特徴とする半導体デバイスの製造方法。

【請求項 13】 請求項 12 において、前記加工条件は、前記パッドに押圧する前記ウェハの押圧力、回転数、揺動運動の周期の少なくともいずれか 1 つであることを特徴とする半導体デバイスの製造方法。

【請求項 14】 ウェハの表面に形成した膜を研磨加工する研磨手段と、

請求項 5～8 のいずれか 1 つに記載した研磨加工の終点検出装置とを備え、該膜の研磨加工の終点を検出可能に構成したことを特徴とする半導体デバイスの製造装置。

【請求項 15】 ウェハの表面に形成した膜を研磨加工する研磨手段と、

請求項 5～8 のいずれか 1 つに記載した研磨加工の終点検出装置での前記検出手段の検出出力の強度に基づいて、該膜の研磨レートを評価する評価手段と、該評価手段の評価結果に基づいて該膜を研磨加工するパッドのドレッシング条件を最適に設定する制御手段とを備えたことを特徴とする半導体デバイスの製造装置。

【請求項 16】 請求項 15 において、前記ドレッシング条件は、前記ドレッサのドレッシング圧力、回転数、揺動運動の周期、ドレッシングに用いる加工具の種類の少なくともいずれか 1 つであることを特徴とする半導体デバイスの製造装置。

【請求項 17】 ウェハの表面に形成した膜を研磨加工する研磨手段と、

請求項 5～8 のいずれか 1 つに記載した研磨加工の終点検出装置での前記検出手段の検出出力の強度に基づいて、該膜の研磨レートを評価する評価手段と、該評価手段の評価結果に基づいて該ウェハの膜の加工条件を最適に設定する制御手段とを備えたことを特徴とする半導体デバイスの製造装置。

【請求項 18】 請求項 17 において、前記加工条件は、前記パッドに押圧する前記ウェハの押圧力、回転数、揺動運動の周期の少なくともいずれか 1 つであることを特徴とする半導体デバイスの製造装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、半導体デバイスの

研磨加工の終点検出に係り、特に、シリコンウェハ上に半導体デバイスを製造するに際し、ウェハ表面の平坦化処理における終点検出方法及びその装置、並びにそれを用いた半導体デバイスの製造方法及びその装置に関する。

#### 【0002】

【従来の技術】半導体デバイスは、シリコンウェハ（以下、単にウェハという）表面での成膜、所望パターンでの露光及び露光部分のエッチングなどして素子や配線などのパターンをこのウェハ上に形成することにより、製造される。そして、このように素子や配線などのパターンを形成すると、次に、これら素子や配線などのパターンを覆うように、 $\text{SiO}_2$ などの透明な層間絶縁膜が形成され、かかる層間絶縁膜上に次の素子や配線などのパターンが形成されるようにしており、製造される半導体デバイスは積層構造をなしている。

【0003】ところで、ウェハ上のある層で素子や配線などのパターンを形成し、それらを覆うように層間絶縁膜を形成した後、この層間絶縁膜上に次の層の素子や配線などのパターンを形成するために、成膜された膜を所望のパターンで露光する場合には、露光する光のフォーカシング状態（露光状態）がかかる膜全体にわたって均一である必要がある。しかし、ウェハ上の素子や配線などのパターンが形成された層上に次の層を形成するために設けられる層間絶縁膜の表面には、その下に形成された素子や配線などパターンによって凹凸が発生する。特に、近年では、半導体デバイスの高精度化・高密度化を実現するために、ウェハに形成されるパターンの微細化・多層化が進んでおり、これにより、形成される層間絶縁膜の表面の凹凸が増大している。このような層間絶縁膜の表面の凹凸が増大すると、この層間絶縁膜上に成膜される膜全体にわたって露光状態を均一にすることは困難であり、このため、成膜を行なう前に、層間絶縁膜の平坦化処理が行われる。

【0004】この平坦化処理には、従来、化学的及び物理的作用によって表面を研磨して平坦化を実現する方法（CMP：Chemical Mechanical Polishing）が用いられる。以下、このCMP加工について、図20を用いて説明する。

【0005】同図において、使用される研磨装置では、研磨盤2の表面にパッド1が設けられている。このパッド1は多孔質の硬いスポンジ状の材質のシートであって、その表面に微細な孔を有している。この研磨盤2が回転され、パッド1の表面に、微細な砥粒が混入された液状の研磨剤であるスラリー5が添加、塗布される。そして、ウェハチャック3に図示しないウェハがパッド1に押しつけられ、これにより、そのウェハの表面に形成されている層間絶縁膜がパッド1によって研磨加工される。

【0006】ここで、回転する研磨盤2の中心部と周辺

部とでは、その回転速度が異なるので、ウェハチャック3は研磨盤2の半径方向に移動させられたり、それ自身回転させられ、ウェハ上の層間絶縁膜が全体にわたって均一の膜厚に研磨されるようにしている。また、この研磨は、スラリー5の砥粒がパッド1の微細な孔に入り込み、この孔内に保持されることによって行なわれるものであるが、多数のウェハを研磨加工すると、パッド1の表面がつぶれてパッド1の研磨性能が低下するし、また、パッド1の表面に異物が付着するなどしてウェハの表面の層間絶縁膜に傷を付けてしまうような事態が発生する。このため、ドレッサ4が設けられ、これでもってパッド1の表面を削ってパッド表面の再生が行なわれる。

【0007】以上がCMP加工であるが、かかるCMP加工において重要な課題として、ウェハ表面の層間絶縁膜が所定の膜厚に研磨されたときに研磨を終了する終点検出が挙げられる。CMP加工の終点検出は、最初は、予め評価した研磨レートから加工時間を算出することにより、あるいは所定時間研磨する毎にウェハをCMP加工装置から取り外し、直接層間絶縁膜の膜厚を測定することにより、その管理を行なっていたが、研磨レートがばらつくため、精度の高い管理ができないし、また、管理に手間がかかるものであった。

【0008】この問題を解決する方法として、特開平9-7985号公報に、研磨しながら層間絶縁膜の膜厚を計測し、実際のウェハでの終点検出を可能なインサイチュウ（in-situ）計測システムが開示されている。

【0009】これは、図20に示すように、研磨盤2やパッド1を貫通する検出窓6を設け、検出ユニット8からこの検出窓6を介して単波長のレーザ光をウェハの表面の層間絶縁膜に照射し、この層間絶縁膜の表面からの反射光とこの層間絶縁膜の下に形成されているパターンからの反射光との干渉光を検出ユニット8で検出し、膜厚評価処理ユニット7により、この干渉光の検出強度の変化Pから層間絶縁膜の膜厚の変化を検出して研磨加工の終点検出を行なうものである。

【0010】図21は図20での検出ユニット8で検出される干渉光の検出強度変化Pを示す図であって、図示するように、周期的に変化する。このときの干渉光の最大振幅はウェハの表面に形成された層間絶縁膜やパターンなどの反射率などによって決まり、また、この干渉光の周期は照射するレーザ光の波長や層間絶縁膜の膜厚、膜材質の屈折率によって決まり、この干渉光の振幅は、研磨加工されている層間絶縁膜の表面とその下に形成されている1つ前の層のパターン表面との距離（即ち、層間絶縁膜の膜厚）の変化とともに変化する。従って、時刻tで干渉光の強度がIとすると、層間絶縁膜の膜厚はこの強度Iの干渉光を生ずる厚さとなっている。

【0011】そこで、計算により、あるいは実験により、予め層間絶縁膜の膜厚がCMP加工の終点となる

(即ち、この層間絶縁膜の表面全体が均一に平坦化される) 所定の厚さとなるときに干渉光の強度  $I$  を求めておき、図 20 で説明したようにして、ウェハを CMP 加工しながら膜厚評価処理ユニット 7 で干渉光の強度を計測し、この計測した強度が予め決められた強度  $I$  と等しくなったとき、CMP 加工の終点とすることにより、焦点検出が可能となる。

#### 【0012】

【発明が解決しようとする課題】ところで、ウェハの表面の層間絶縁膜の研磨の進行とともに、干渉光の強度は図 21 に示す曲線 P で変化するが、時間経過に伴うこの強度変化 P はゆっくりしたものである。このため、この曲線 P の勾配も小さく、所定の強度  $I$  を検出するようにしても、これを精度良く検出することは難しい。このため、従来のインサイチュウ計測による場合には、比較的加工量(研磨量)の大きい場合には有効であるが、加工量が小さい場合や膜構造によっては、精度良く終点検出をすることは不可能である場合が多かった。

【0013】本発明は上記問題に対して、研磨加工量や膜構造にかかわらず、加工の終点検出を精度良く行なうことができるようにした研磨加工の終点検出方法及び装置、並びに半導体製造方法及びその製造装置を提供することにある。

#### 【0014】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明による研磨加工の終点検出方法及びその装置は、研磨加工中のウェハの表面に形成された膜に 2 つ以上の異なる波長の光、白色光または紫外線を照射し、該膜からの反射光の強度または分光強度、あるいは紫外線の強度から、該半導体デバイス表面に形成された該膜の膜厚を評価して該膜の研磨加工の終点検出をするものである。これによると、研磨加工量が小さい場合も、また、膜構造にかかわらず、該膜の研磨加工の終点を検出精度を高めることができる。

【0015】また、本発明による半導体デバイスの製造方法及びその装置は、かかる膜厚の評価手段を研磨加工装置に組み込むことにより、研磨加工のパッドの劣化状態を評価を評価し、研磨加工条件やその加工の際のパッドのドレッシング(目立て)条件を最適化する。これにより、研磨加工対象、例えば、ウェハに形成した膜などの平坦性がより向上し、高精度の膜厚管理や高品質の加工管理が可能となってスループット向上を実現する。

【0016】また、本発明による半導体デバイスの製造方法及びその装置は、パッドの評価手段でウェハ表面の複数の位置で評価することによりウェハ、ウェハ表面に形成した膜の膜厚分布を加工中に評価することが可能となる。

【0017】さらに、本発明による半導体デバイスの製造方法及びその装置は、ウェハ表面に形成した膜の膜厚評価結果に基づいて、CMP プロセスの安定、最適化を

可能とする。

【0018】さらに、本発明による半導体デバイスの製造装置は、ウェハの表面に形成した膜を研磨する研磨手段と、この研磨加工中にウェハ表面に形成した該膜に上記の光や紫外線を照射する照射手段と、ウェハ表面に形成した該膜からの反射光または紫外線を検出する検出手段と、該検出手段によって検出された反射光の強度または分光強度、もしくは紫外線の強度に基づいて、ウェハ表面に形成した膜の膜厚を評価する処理回路部とを備えた構成としている。

#### 【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面を用いて説明する。なお、以下に説明する実施形態は、図 20 で説明した CMP 加工によるものとするが、本発明はこれのみに限るものではない。

【0020】図 1 は本発明による研磨加工の終点検出方法及び装置の第 1 の実施形態の要部を示す構成図であって、9、10 はレーザ光源、11 はレンズ、12 はビームスプリッタ、13 はダイクロイックミラー、14 はレンズ、15、16 は光検出器、17 は対物レンズ、18 はウェハであり、図 20 に対応する部分には同一符号を付けて重複する説明を省略する。

【0021】同図において、レーザ光源 9、10 からは異なる波長のレーザ光  $L_1$ 、 $L_2$  が出力される。これらレーザ光  $L_1$ 、 $L_2$  は、レンズ 11 でビームとされた後、夫々ビームスプリッタ 12 で反射され、対物レンズ 17 及び研磨盤 2 やパッド 1 を貫通して設けられた検出窓 6 を介して、ウェハチャック 3 に保持されたウェハ 18 に、その層間絶縁膜(図示せず)側から照射される。なお、この場合、ビームスプリッタ 12 で反射されたレーザ光源 9、10 からのレーザ光  $L_1$ 、 $L_2$  は、必ずしも同一光軸上にある必要はない。

【0022】ウェハ 18 からの上記の反射によって生じた夫々のレーザ光  $L_1$ 、 $L_2$  毎の干渉光  $P_1$ 、 $P_2$  は、検出窓 6、対物レンズ 17 及びビームスプリッタ 12 を通り、ダイクロイックミラー 13 により、これらが波長によって分離される。即ち、レーザ光源 9 からのレーザ光  $L_1$  による干渉光  $P_1$  は、例えば、ダイクロイックミラー 13 で反射され、レンズ 14 を介して光検出器 15 で検出される。また、レーザ光源 10 からのレーザ光  $L_2$  による干渉光  $P_2$  は、例えば、ダイクロイックミラー 13 を透過し、レンズ 14 を介して光検出器 16 で検出される。膜厚評価処理ユニット 7 は、これら光検出器 15、16 の検出出力に基づいてウェハ 18 の研磨状態を管理し、その研磨の終点検出を行なう。

【0023】なお、以上の構成において、レーザ光源 9、10、レンズ 11、14、ビームスプリッタ 12、ダイクロイックミラー 13、光検出器 15、16 及び対物レンズ 17 が、図 20 における検出ユニット 8 を構成するものである。他の実施形態についても同様である。

【0024】また、図1に示す実施形態では、異なる波長のレーザ光 $L_1$ 、 $L_2$ による干渉光 $P_1$ 、 $P_2$ をダイクロイックミラー13で分離するようにしたが、第2の実施形態として図2に示すように、回折格子19を用いて分離するようにしてもよい。さらには、プリズムなどのそれ以外の波長分離手段を用いるようにしてもよい。

【0025】さらに、図1及び図2の光検出器15、16としては、CCD2次元センサや1次元のラインセンサなど、または、CCDセンサ以外の光センサを用いてもよい。

【0026】図1及び図2において、研磨盤2に1個の検出窓6を設けてあって、ウェハ18が対物レンズ17の光軸の延長線上にある場合には、研磨盤2の1回転に1回ずつ間欠的に光検出器15、16が干渉光 $P_1$ 、 $P_2$ を検出するが、これら干渉光 $P_1$ 、 $P_2$ は必ずしもウェハ17の表面の研磨しようとする層間絶縁膜の膜厚検出のために必要なものばかりではない。

【0027】即ち、図3において、いま、 $S_2$ を前回積層された層間絶縁膜とし、この層間絶縁膜 $S_2$ の上にパターンEが形成され、これを覆うように層間絶縁膜 $S_1$ が形成され、この層間絶縁膜 $S_1$ を一点鎖線Aの厚さまで研磨加工するものとする。図1、図2で示した実施形態の場合（後述する他の実施形態についても同様）、層間絶縁膜 $S_1$ の表面で反射する光 $L_{n1}$ と層間絶縁膜 $S_1$ 中のパターンEの表面で反射する光 $L_{n2}$ との干渉光 $P_1$ ばかりでなく、層間絶縁膜 $S_1$ の表面で反射する光 $L_{n1}$ と層間絶縁膜 $S_2$ 中のパターンE'の表面で反射する光 $L_{n2}$ との干渉光 $P_2$ も検出されることになる。

【0028】図4は図1及び図2での膜厚評価処理ユニット7による研磨加工の終点検出方法の一具体例を示す図である。

【0029】この膜厚評価処理ユニット7には、光検出器15、16の検出結果が供給される。これらの検出結果は図4のように示される。即ち、曲線(実線) $P_1$ はレーザ光源9からのレーザ光 $L_1$ による干渉光 $P_1$ の強度変化を、曲線(破線) $P_2$ はレーザ光源10からのレーザ光 $L_2$ による干渉光 $P_2$ の強度変化を夫々示しており、ここでは、レーザ光源10からのレーザ光 $L_2$ はレーザ光源9からのレーザ光 $L_1$ よりも波長が長いものとしている。従って、ウェハ18の表面の層間絶縁膜の膜厚に対するこれら干渉光 $P_1$ 、 $P_2$ の強度は、通常、互いに異なるものである。

【0030】そこで、膜厚評価処理ユニット7では、計算や実験などにより、この層間絶縁膜の膜厚が所定の値となる研磨加工の終点でのこれら干渉光 $P_1$ 、 $P_2$ の強度 $I_1$ 、 $I_2$ を予め求めておき、光検出器15の検出結果から干渉光 $P_1$ が強度 $I_1$ となり、かつ光検出器16の検出結果から干渉光 $P_2$ が強度 $I_2$ になったとき、研磨加工の終点 $t$ とする。

【0031】干渉光 $P_1$ を単独にあるいは干渉光 $P_2$ を単

独に用いて終点検出を行なう場合には、上記従来技術で説明したように、終点を精度良く検出することができないが、この具体例のように、これら2つの干渉光 $P_1$ 、 $P_2$ を組み合わせ、これらの強度が同時に上記の所定強度 $I_1$ 、 $I_2$ となったとき、研磨加工の終点とする場合には、これらの検出誤差を互いに補償し合うので、終点検出の精度が高まることになる。

【0032】以上のようにして、この具体例においては、研磨加工の終点を精度良く検出することができる。従って、研磨量が小さい場合も、また、ウェハ18での膜構造にかかわらず、精度の高い研磨加工の終点検出が可能となる。

【0033】なお、この具体例では、光源として2つのレーザ光源9、10を設け、2つの異なる波長のレーザ光 $L_1$ 、 $L_2$ を用いたものであったが、3個以上のレーザ光源を用い、3種類以上の波長のレーザ光を用いてもよく、これらレーザ光の干渉光の強度の組み合わせによって研磨加工の終点を検出することができる。

【0034】また、図5は図1及び図2での膜厚評価処理ユニット7による研磨加工の終点検出方法の他の具体例を示す図である。この具体例は、光検出器15、16の検出結果の比を求め、これによって研磨加工の終点を検出するものである。

【0035】即ち、この具体例においても、図4に示した干渉光 $P_1$ 、 $P_2$ の強度が得られるものであるが、さらに、これらの強度比 $P_1/P_2$ を求め、この強度比 $P_1/P_2$ が計算や実験などによって求められた膜厚のときの値 $X$ と等しくなったとき、研磨加工の終点 $t$ とするものである。

【0036】この場合、図4に示す干渉光 $P_1$ 、 $P_2$ の強度の比 $P_1/P_2$ を求めると、図5に示すように、その特性が急峻に立ち上がり、急峻に立ち下がる部分と、立上り、立下りが緩やかな部分とがある。この実施形態では、当然立上り、立下りが急峻な部分で終了点が検出されるようにするものであり、このためには、これを満足するような波長のレーザ光 $L_1$ 、 $L_2$ を用いるようにすればよい。

【0037】このようにすることにより、特性が急峻な部分で研磨加工の終点を検出することができるから、精度の高い終点検出が実現できる。

【0038】また、研磨加工するウェハ18の種類の違いなどにより、光検出器15、16で検出される干渉光の強度が異なるし、また、後述するように、パッド1として透明な材質のものをを用いることもでき、このような場合には、検出窓6で貫通する孔を開ける必要はないが、研磨加工の継続によってパッド1の表面状態が変化すると、そこでの光透過状態が変化し、光検出器15、16で検出される干渉光の強度が変化してくるし、また、後述するように、検出窓6内に透明板を設け、スラリー5（図20）などが検出窓6から対物レンズ17な

10

20

30

40

50

どの光学系に漏れてないようにするが、スラリー 5 などがこの透明板に溜まってその透過率が低下することにより、光検出器 15、16 で検出される干渉光の強度が変化する場合もあるが、図 5 に示したように、干渉光  $P_1$ 、 $P_2$  の強度比率  $P_1/P_2$  から研磨加工の終点を検出する場合には、以上のような影響が比率を取ることでキャンセルされ、その影響を防止することができる。

【0039】なお、図 5 に示す具体例では、強度比  $P_1/P_2$  が直接予め設定された値  $X_1$  に達したとき、研磨加工の終点  $t$  としたが、強度比  $P_1/P_2$  のピーク点  $Q_1$  を過ぎた強度比  $P_1/P_2$  が直接予め設定された値  $X_2$  に等しい点  $Q_2$  で終点  $t_1$  とする場合には、このピーク点  $Q_1$  から点  $Q_2$  までの時間  $\Delta t$  を予め計算や実験などで求めておき、強度比  $P_1/P_2$  のピーク点  $Q_1$  が検出されると（時刻  $t_0$ ）、それから時間  $\Delta t$  を計測して研磨加工の終点  $t_1$  としてもよい。この場合、強度比  $P_1/P_2$  の特性が急峻であるため、そのピーク点  $Q_1$  を精度良く検出することができる。

【0040】また、このピーク点  $Q_1$  の代わりに、強度比  $P_1/P_2$  の特性の急峻な立上りまたは立下りの任意の点を検出し、この検出点から所定時間経過した時点を経験加工の終点としてもよい。

【0041】さらに、図 4 に示した具体例でも、同様に、研磨加工の終点よりも前の時点の干渉光  $P_1$ 、 $P_2$  の所定の強度  $I_1$ 、 $I_2$  と、これら強度が同時に検出される時点から研磨加工の終点までの時間  $\Delta t$  とを予め求めておき、これら強度  $I_1$ 、 $I_2$  が同時に検出されてから時間  $\Delta t$  が経過した時点を経験加工の終点としてもよい。

【0042】以上のようにして、この具体例においても、研磨加工の終点を精度良く検出することができる。従って、研磨量が小さい場合も、また、ウェハ 18 での膜構造にかかわらず、精度の高い研磨加工の終点検出が可能となる。

【0043】ここで、図 6 により、以上の焦点検出の処理動作について説明する。

【0044】図 6 (a) は図 4 に示した焦点検出の処理動作、あるいは図 5 の検出終了時点  $t$  を検出するための処理動作を示すフローチャートであって、干渉光  $P_1$ 、 $P_2$  の検出を行ない、光検出器 15、16 で干渉光  $P_1$ 、 $P_2$  が検出されると（ステップ 100）、これら干渉光  $P_1$ 、 $P_2$  の強度を求め、これらの関係が終点検出する規定の関係  $I_1$ 、 $I_2$  になっているか否か（図 4 の場合）、あるいは、これら干渉光  $P_1$ 、 $P_2$  の強度を求め、これらの強度比  $P_1/P_2$  が規定の値になっているか否か（図 5 の場合）を判定し（ステップ 101、102）、このような関係あるいはこのような値になっていないときには、ステップ 100 に戻って次の干渉光の検出を待つが、このような関係あるいはこのような値になっているときには、研磨加工の終点と判定する（ステップ 10

3）。

【0045】また、図 6 (b) は、図 5 において、終点を強度比  $P_1/P_2$  のピークから予め設定した時間  $\Delta t$  経過した時点とする場合の処理動作を示すフローチャートであって、干渉光  $P_1$ 、 $P_2$  の検出を行ない、光検出器 15、16 で干渉光  $P_1$ 、 $P_2$  が検出されると（ステップ 200）、これら干渉光  $P_1$ 、 $P_2$  の強度比  $P_1/P_2$  がピーク値か否か判定し（ステップ 201）、ピーク値でないときには、ステップ 200 に戻って次の干渉光の検出を待つが、ピーク値であるときには、時間計測を開始し（ステップ 202）、時間が  $\Delta t$  経過すると（ステップ 203）、研磨加工の終点と判定する（ステップ 204）。

【0046】なお、図 4 で干渉光  $P_1$ 、 $P_2$  の検出強度が同時に予め設定された値  $I_1$ 、 $I_2$  となり、これからさらに予め設定された時間  $\Delta t$  だけ研磨加工を続けて研磨加工の終点とする場合の処理動作も、図 6 (b) と同様である。

【0047】図 7 は本発明による研磨加工の終点検出方法及び装置の第 3 の実施形態の要部を示す構成図であって、20 は白色光源、21 は分光器であり、前出図面に対応する部分には同一符号を付けて重複する説明を省略する。この第 3 の実施形態は、光源として白色光源を用いるものである。

【0048】図 7 において、白色光源 20 からは白色光  $L$  が出力される。この白色光  $L$  は、レンズ 11 でビームとされた後、ビームスプリッタ 12 で反射され、対物レンズ 17 及び検出窓 6 を介してウェハ 18 に、その層間絶縁膜（図示せず）側から照射される。この場合も、先の実施形態と同様、白色光  $L$  は、その波長成分毎に、層間絶縁膜の表面からの反射光とその下のパターン表面からの反射光とが干渉し、これら干渉光の複合光（以下、これも干渉光という） $P$  が生ずる。この干渉光  $P$  は、検出窓 6、対物レンズ 17 及びビームスプリッタ 12 を通り、分光器 21 で検出され、各波長毎の干渉光の分光強度データが得られる。この分光強度データは膜厚評価処理ユニット 7 に供給され、この分光強度に基づいて研磨加工の終点が検出される。

【0049】ここで、この分光強度データに基づく研磨加工の終点検出は、ウェハ 18 の表面の層間絶縁膜の膜厚がその表面が平坦化される所定の値になるときの干渉光  $P$  での各波長の干渉光の強度からなる強度分布が計算あるいは実験などが予め求められており、分光器 21 からの分光強度データによる干渉光  $P$  の強度分布がこの予め設定されている強度分布と等しくなったとき、研磨加工の終点とするものである。

【0050】この場合、白色光  $L$  での終点検出に用いる波長としては、2 種類以上任意であり、図 4 で示した具体例と同様に、精度の良い終点検出が可能となるが、用いる波長の種類が多いほど精度が高くなることはいうま

でもない。勿論、使用する波長の種類が少ない場合には、互いにある程度波長が異なるものを使用する方が好ましい。

【0051】なお、白色光源20としては、ハロゲンランプやキセノンランプなどの広い波長帯域を持つ光源を用いてもよいし、また、分光器21の干渉光Pの検出部としては、CCD2次元センサや1次元のラインセンサなど、CCDセンサ以外の光センサを用いてもよい。

【0052】図8は本発明による研磨加工の終点検出方法及び装置の第4の実施形態の要部を示す構成図であって、11'は紫外線用のレンズ、12'は紫外線用のビームスプリッタ、17'は紫外線用の対物レンズ、14'は紫外線用のレンズ、22は紫外線発生手段、23はホトマルなどの紫外線検出器であり、前出図面に対応する部分には同一符号を付けて重複する説明を省略する。この第4の実施形態は、可視光に対して波長が短い紫外線を用いるようにしたものである。

【0053】図8において、紫外線発生手段22からは紫外線が出力される。この紫外線は、レンズ11'でビームとされた後、ビームスプリッタ12'で反射され、対物レンズ17'及び検出窓6を介してウェハ18に、その層間絶縁膜(図示せず)側から照射される。紫外線がこの層間絶縁膜に照射されると、先の実施形態と同様、反射した紫外線に干渉が生ずる。この干渉を伴う反射紫外線P'は、検出窓6、対物レンズ17'及びビームスプリッタ12'を通り、紫外線検出器23で検出され、その強度データが得られる。この強度データは膜厚評価処理ユニット7に供給され、この強度に基づいて研磨加工の終点が検出される。

【0054】図9(a)は従来の1つの可視光を用いたときのウェハの表面に形成した膜からの反射光(干渉光)Pの強度変化を示すものであるが、図9(b)は図8で示した実施形態での膜厚評価処理ユニット7で得られる反射紫外線P'の強度変化を示すものである。同図(a)、(b)を比較して明らかなように、可視光を用いた従来技術に比べ、図8に示した実施形態では、得られる強度変化の周期が短く、急峻な傾斜やピークの特徴が得られることになり、研磨加工の終点を高い精度で検出できることになる。ここでも、図5で説明した2つの終点検出方法を用いることができることはいうまでもない。

【0055】なお、図9(b)においては、研磨加工の終点となる点Q'以前にこの点Q'と同じ強度Iの点Q"が得られているが、このような場合、何回目にもこの強度Iが得られたときを研磨加工の終点とするかは、計算あるいは実験によって知ることができるものである。このようなことは、図4、図5で説明した終点検出方法においても同様である。

【0056】以上のように、上記各実施形態では、インサイチュウ計測システムを用いることにより、ウェハ表

面に形成した層間絶縁膜を平坦化するための研磨加工中、即ち、研磨盤2が回転中にウェハ18の表面に形成された膜の膜厚を評価する。そのため、光学系(各実施形態での光源から検出器までの部分)全体を研磨盤2に固定し、この研磨盤2と同時に回転させるようにしてもよいし、光学系を研磨盤2とは独立させて定位置に固定してもよい。また、対物レンズ17のみを研磨盤2に固定し、研磨盤2と同時に回転させる方法も考えられる。要するに、研磨加工中にウェハ表面に形成した膜に光屋紫外線を照射し、その反射光や反射紫外線を検出できればよい。

【0057】また、ウェハを何枚か研磨加工しているうちにパッド1などの光学的特性が変化する場合もある。このために、予めその変化量を評価しておき、反射光や反射紫外線の強度、強度分布を評価するとき、これにパッド1などの光学的特性の変化を反映させることにより、この変化による影響を低減することができる。

【0058】図10～図14は研磨装置に設けられる検出窓6を構成する孔(検出孔)の開口形状の具体例を示す平面図である。

【0059】上記各実施形態での検出窓6としては、図10に示すように、パッド1を設けた研磨盤2に検出孔24の開口形状が円形のものを1個設けてもよいが(この場合、光源からの光ビームLの直径をこの検出孔24の直径より小さくてもよいし、また、破線で示すように、大きくしてもよい。)、図11に示すように、研磨盤2の半径方向に細長い矩形状の開口形状としてもよい。この場合には、光ビームLとしては、その断面形状をスリット状などとし、また、その断面の大きさも検出孔24よりも大きくしてもよい(検出孔24よりも大きくする場合には、破線で図示するように、断面が楕円形状の光ビームLとしてもよい)。このような光ビームLを用いることにより、ウェハ表面の層間絶縁膜の半径方向の膜厚の平均を検出することができ、検出光量も多くなって終点検出をより高精度で実現できる。

【0060】また、このようにスリット形状の光ビームLを用いる場合には、この光ビームLは研磨加工されるウェハ表面の層間絶縁膜の半径方向の異なる場所で反射されるものであり、従って、この反射されたスリット状の干渉光をラインセンサを持つ光検出器で検出することにより、層間絶縁膜の半径方向夫々の場所での膜厚を検出することが可能である。ウェハ表面の層間絶縁膜を研磨加工する場合、ウェハチャックへの押圧力の加え方によっては、層間絶縁膜の研磨加工量をその半径方向で均一としない場合もあるが、かかる膜厚の検出結果に応じてウェハチャックへの押圧力の加え方を制御することにより、かかる不均一さを除くようにすることができる。

【0061】図12に示す検出窓6の具体例は、複数の検出孔24を研磨盤2の半径方向に1列に配列したもの

10

20

30

40

50



とするものである。この具体例では、夫々の検出孔 24 に光ビーム L を通すものであり、図 11 に示した具体例と同様に、層間絶縁膜の半径方向での膜厚を評価できる。勿論、これらの検出孔 24 を通った反射干渉光を検出して加算することにより、図 11 に示した具体例と同様に、ウェハ表面の層間絶縁膜の半径方向の膜厚の平均を検出することができる。

【0062】図 13 に示す検出窓 6 の具体例は、研磨盤 2 の同一円周上に複数の検出孔 24 を並べたものである。ここでは、この円周上の一部に配列しているように 10 図示しているが、この円周全体にわたって等間隔に配列するようにする。図 10 ～ 図 12 に示した具体例では、光学系を固定している場合、研磨盤 2 の 1 回転に 1 回しか反射干渉光の検出ができないが、図 13 に示す検出窓 6 を用いる場合には、ほとんど常にこの干渉光の検出ができる。なお、これら検出孔 24 としては、円形の孔ではなく、所定の長さを持った円弧状の孔としてもよい。

【0063】また、もともと研磨盤 2 上のパッド 1 の表面には、図 14 に示すように、互いに直交する多数の細い溝 25 が形成されているが、この溝 25 に沿って検出窓 6 の 1 個以上の検出孔 24 を設けるようにしてもよい。これによると、既に存在する溝 25 の部分に検出孔 24 を設けるため、パッド 1 に孔を開けることによる研磨自体への影響、例えば、スクラッチの増加などを充分に小さくすることができる。

【0064】図 15 及び図 16 は夫々研磨装置に設けられた検出窓 6 の内部構造の具体例を示す図であって、26 は透明パッド、27 は光学窓であり、前出図面に対応する部分には同一符号を付けて重複する説明を省略する。

【0065】図 15 に示す具体例は、検出窓 6 でのパッドを透明パッド 26 とし、且つこの透明パッド 26 を支えるようにして、検出窓 6 の検出孔 24 を塞ぐ光学窓 27 を設けた構造をなすものである。この光学窓 27 は厚みが一定の薄いガラス板などからなっている。パッド 1 全体を透明なものとしてもよい。

【0066】また、図 16 に示す具体例のように、パッド 1 での検出窓 6 の検出孔 24 の部分を切り欠いて孔部 1a としてもよい。但し、この場合には、パッド 1 上に広がったスラリ 5 (図 20) がこの孔部 1a の光学窓 27 上に溜り、この光学窓 27 の透過率を低下させるから、このスラリ 5 の流出口を、検出孔 24 内や対物レンズ 17 に流れ込まないように、設けることが必要である。

【0067】なお、パッド 1 自体に光学窓 27 を埋め込むようにしてもよい。

【0068】図 17 は本発明による半導体デバイスの製造方法及びその装置の一実施形態のウェハ研磨工程を示す図であって、28 は膜厚評価データ判定処理ユニット、29 はアラーム装置、30 はパッド交換ユニット、

31 はドレッシング制御ユニット、32 はスラリ供給制御ユニット、33 はウェハチャック制御ユニット、34 は研磨盤制御ユニットであり、前出図面に対応する部分には同一符号を付けて重複する説明を省略する。この実施形態は、ウェハ表面の層間絶縁膜の研磨に先に説明した本発明による終点検出方法及びその装置による研磨装置 (CMP 研磨加工装置) を用いるものである。

【0069】同図において、ウェハ 18 (図示せず) がウェハチャック 3 に保持されてその表面の層間絶縁膜が研磨加工中、検出ユニット 8 の検出結果は膜厚評価処理ユニット 7 で評価され、その評価の結果得られた膜厚評価データが膜厚評価データ判定処理ユニット 28 に供給される。膜厚評価データ判定処理ユニット 28 は、この膜厚評価データから CMP 研磨加工装置の加工状態を判定し、アラーム装置 29 やパッド交換ユニット 30、ドレッシング制御ユニット 31、スラリ供給制御ユニット 32、ウェハチャック制御ユニット 33、研磨盤制御ユニット 34 を制御する。

【0070】図 4 や図 5 などでも説明したようにして、ウェハ表面の層間絶縁膜の膜厚が所定の値となり、この膜表面が平坦化されると、膜厚評価データ判定処理ユニット 28 はこれを膜厚評価処理ユニット 7 からの膜厚評価データから判定し、アラーム装置 29 を駆動する。これにより、アラーム装置 29 はアラームを発し、作業者にウェハが研磨加工の終点に達したことを知らせる。なお、これとともに、研磨盤 2 の回転を停止させるとともに、ウェハチャック 3 を持ち上げてウェハをパッド 1 への押圧状態から解除し、研磨加工を終了させるようにしてもよい。

【0071】また、膜厚評価データ判定処理ユニット 28 は膜厚評価処理ユニット 7 からの膜厚評価データを処理してパッド 1 の状態を判定することができる。このために、膜厚評価処理ユニット 7 は、また、検出ユニット 8 からの検出結果からウェハからの反射光 (反射紫外線) の時間的な平均強度を求め、膜厚評価データ判定処理ユニット 28 は、図 18 に示すように、研磨加工したウェハの枚数に対するこの平均強度の変化を評価し、これを予め設定したしきい値と比較する。そして、平均強度がこのしきい値よりも小さくなると、パッド 1 が劣化したものと判定し、パッド交換ユニット 30 を駆動する。これにより、パッド交換ユニット 30 は警報発生などの動作を行ない、作業者にパッド交換の必要性を通知する。

【0072】また、検出ユニット 8 で検出した検出強度から膜厚評価処理ユニット 7 が図 4 や図 5 などでも示すような検出強度の変動周期 (あるいは、予め決められた膜厚までの研磨時間) を評価して研磨レートを算出し、この算出結果に基づいて膜厚評価データ判定処理ユニット 28 がパッド 1 の表面状態やウェハ表面の層間絶縁膜の研磨状態を判定する (研磨レートが低下すると、検出強



度の周期あるいは上記研磨時間が長くなる)。そして、膜厚評価データ判定処理ユニット 28 は、この判定結果に基づいて、ドレッシング制御ユニット 31 を動作させてドレッサ 4 の押圧力（ドレッシング圧力）や回転数、揺動運動などのドレッシング条件を最適化し、研磨レートの低下を防止できるようにする。

【0073】また、検出した反射光あるいは反射紫外線の時間的な平均強度と研磨レートとの間には、図 19 に示すような関係があり、平均強度が小さくなると、研磨レートも低下している。そこで、図 17 において、膜厚評価データ判定処理ユニット 28 は、膜厚評価処理ユニット 7 からの平均強度の膜厚評価データから研磨レートを判定し、スラリー供給制御ユニット 32 を動作させてスラリー 5 の供給を制御し、ウェハチャック制御ユニット 33 を動作させてウェハの패드 1 への押圧力を制御し、あるいは研磨盤制御ユニット 34 を制御して研磨盤 2 の回転速度を変化させるなどして最適な研磨レートが設定されるようにする。

【0074】また、ウェハチャック制御ユニット 33 がウェハ面での패드 1 への圧力分布を制御できるものであるときには、図 11 または図 12 に示すように検出窓 6 を設けてウェハ 7 表面の層間絶縁膜の半径方向の膜厚分布を検出することにより、その検出結果に応じて膜厚評価データ判定処理ユニット 28 がウェハチャック制御ユニット 33 を制御し、層間絶縁膜がほぼ全面にわたって均一な厚さとなるように研磨加工させることができる。これにより、ウェハ表面の層間絶縁膜の均一性の高い研磨加工が可能となる。

【0075】なお、図 17 に示す実施形態では、フィードバック先への判定方法の一具体例を示しているものであり、判定方法としては、上記のものに限られるものではない。また、上記の判定及び判定の結果に伴う動作は、装置操作者がマニュアルで行なうようにしてもよいし、自動で行なわれるようにしてもよい。

#### 【0076】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、研磨加工での高精度の終点検出が可能となり、高精度の研磨加工管理が可能となる。

【0077】また、かかる終点検出を行なう処理ユニットを研磨加工工程に組み込むことにより、工程のスループットの向上が図れる。例えば、ウェハ上に半導体デバイスを製造する方法及び製造ラインにおける CMP 研磨加工工程において、終点検出を高精度に行なうことが可能となり、工程のスループット向上が図れる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明による研磨加工の終点検出方法及び装置の第 1 の実施形態を示す構成図である。

【図 2】本発明による研磨加工の終点検出方法及び装置の第 2 の実施形態を示す構成図である。

【図 3】多層化されたウェハからの干渉光の発生を概略

的に示す図である。

【図 4】図 1、図 2 に示した実施形態での研磨加工の終点検出方法の一具体例を示す図である。

【図 5】図 1、図 2 に示した実施形態での研磨加工の終点検出方法の他の具体例を示す図である。

【図 6】図 4 及び図 5 での終点検出動作を示すフローチャートである。

【図 7】本発明による研磨加工の終点検出方法及び装置の第 3 の実施形態を示す構成図である。

【図 8】本発明による研磨加工の終点検出方法及び装置の第 4 の実施形態を示す構成図である。

【図 9】図 8 で示した実施形態での検出強度の変化を従来技術での検出強度の変化と対比して示す図である。

【図 10】図 1 ～図 9 で説明した実施形態での研磨装置に設けた検出窓の開口形状の一具体例を示す平面図である。

【図 11】図 1 ～図 9 で説明した実施形態での研磨装置に設けた検出窓の開口形状の他の具体例を示す平面図である。

【図 12】図 1 ～図 9 で説明した実施形態での研磨装置に設けた検出窓の開口形状のさらに他の具体例を示す平面図である。

【図 13】図 1 ～図 9 で説明した実施形態での研磨装置に設けた検出窓の開口形状のさらに他の具体例を示す平面図である。

【図 14】図 1 ～図 9 で説明した実施形態での研磨装置に設けた検出窓の開口形状のさらに他の具体例を示す平面図である。

【図 15】図 1 ～図 9 で説明した実施形態での研磨装置に設けた検出窓の内部構造の一具体例を示す縦断面図である。

【図 16】図 1 ～図 9 で説明した実施形態での研磨装置に設けた検出窓の内部構造の他の具体例を示す縦断面図である。

【図 17】本発明における半導体デバイス製造方法およびその装置の一実施形態での研磨工程の一具体例を概略的に示す構成図である。

【図 18】本発明における研磨加工装置での研磨加工枚数と検出光の平均強度との関係の一を示す図である。

【図 19】本発明における研磨加工装置での研磨速度と検出光の平均強度との関係の一例を示す図である。

【図 20】CMP 研磨加工の一例を示す図である。

【図 21】図 20 に示した CMP 加工での従来の終点検出方法を示す図である。

#### 【符号の説明】

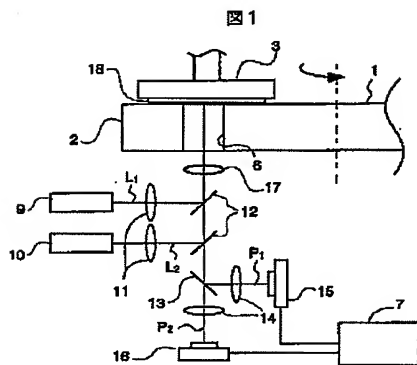
- 1 パッド
- 2 研磨盤
- 3 ウェハチャック
- 4 ドレッサ
- 5 スラリー

- 6 検出窓
- 7 膜厚評価処理ユニット
- 8 検出ユニット
- 9, 10 レーザ光源
- 12 ビームスプリッタ
- 13 ダイクロイックミラー
- 15, 16 光検出器
- 17 対物レンズ
- 18 ウェハ
- 19 回折格子
- 20 白色光源
- 21 分光器
- 22 紫外線発生手段

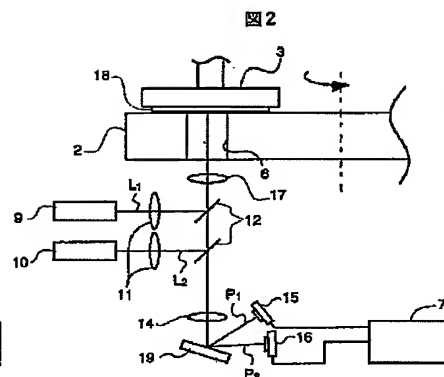
- \* 23 紫外線検出手段
- 24 検出孔
- 25 溝
- 26 透明パッド
- 27 光学窓
- 28 膜厚評価データ判定処理ユニット
- 29 アラーム装置
- 30 パッド交換ユニット
- 31 ドレッシング制御ユニット
- 10 32 スラリー供給制御ユニット
- 33 ウェハチャック制御ユニット
- 34 研磨盤制御ユニット

\*

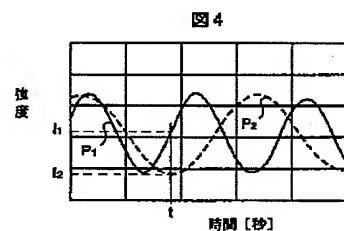
【図1】



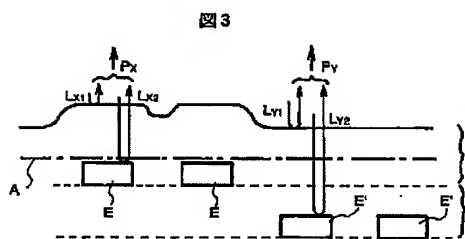
【図2】



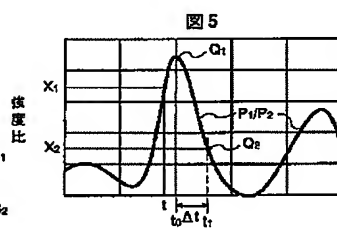
【図4】



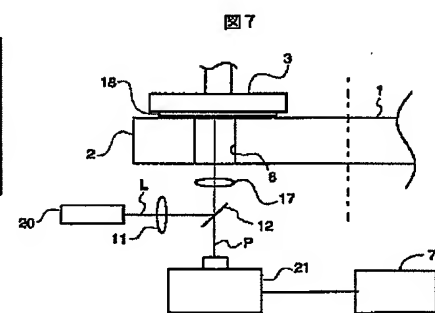
【図3】



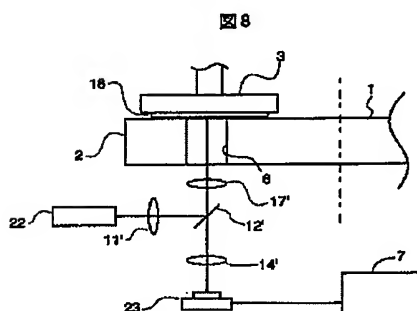
【図5】



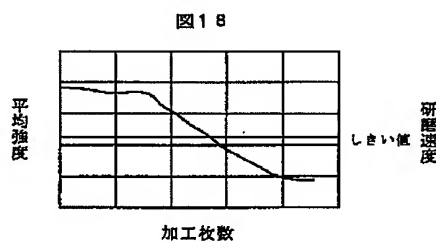
【図7】



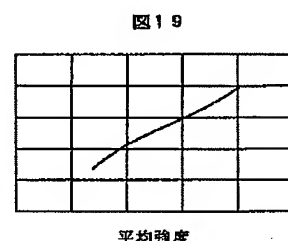
【図8】



【図18】

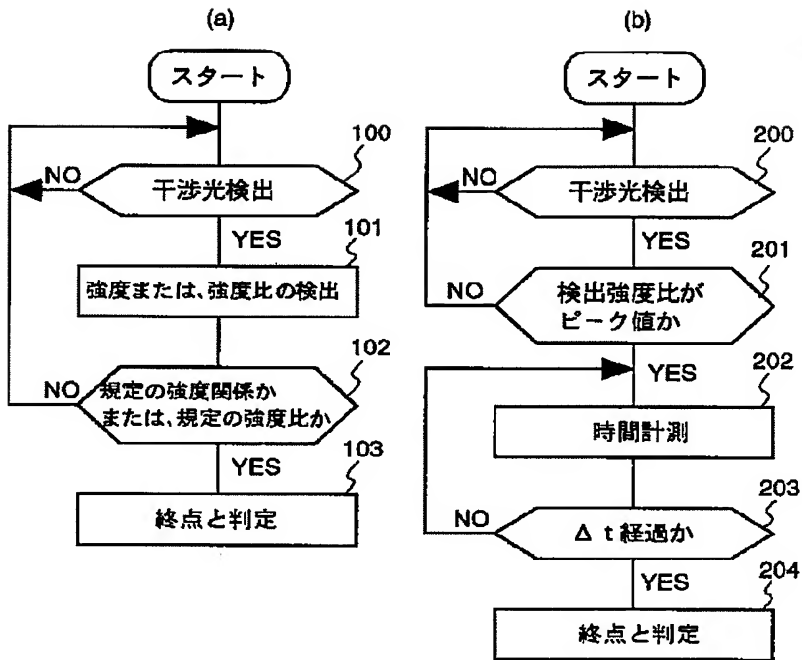


【図19】

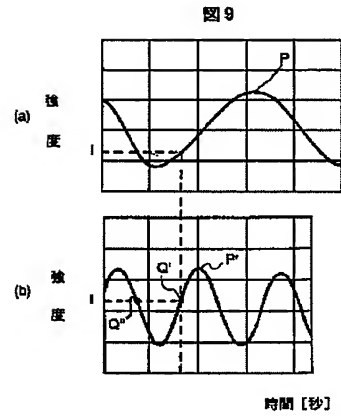


【図 6】

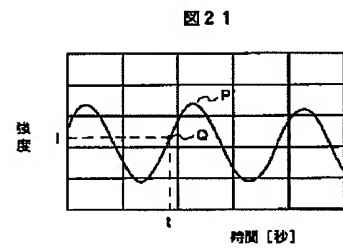
図 6



【図 9】

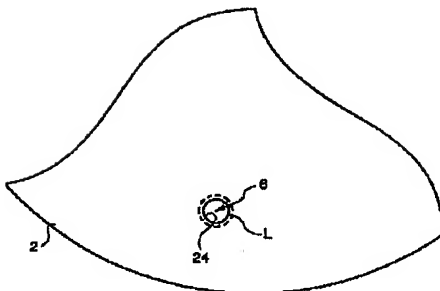


【図 21】



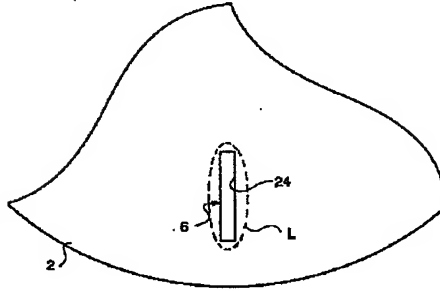
【図 10】

図 10



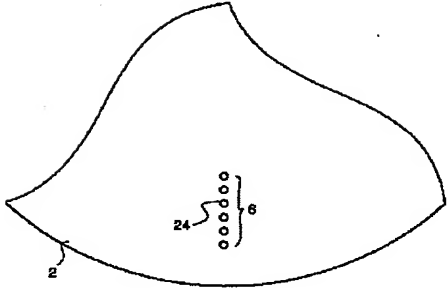
【図 11】

図 11



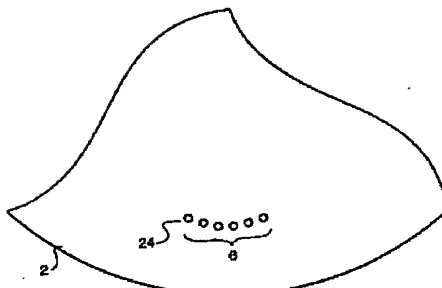
【図12】

図12



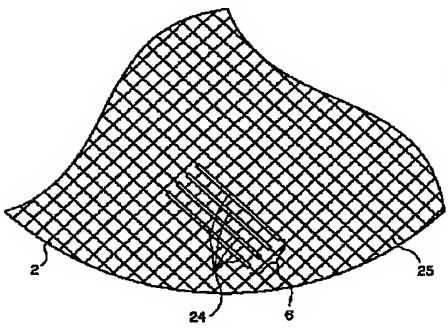
【図13】

図13



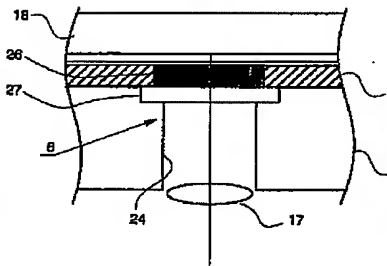
【図14】

図14



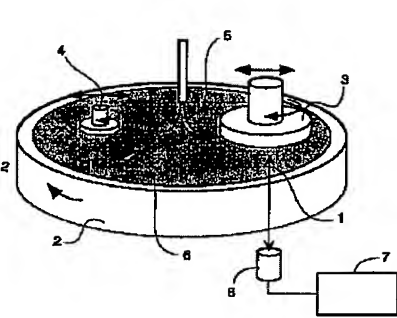
【図15】

図15



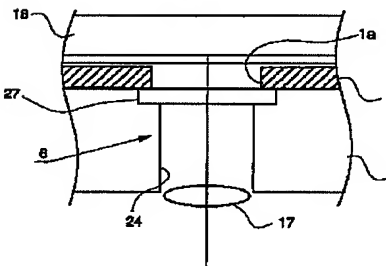
【図20】

図20



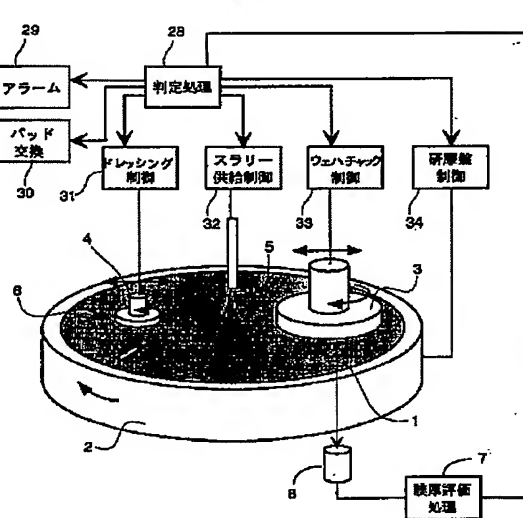
【図16】

図16



【図17】

図17



## フロントページの続き

(72)発明者 小島 弘之  
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株  
式会社日立製作所生産技術研究所内  
(72)発明者 佐藤 秀己  
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株  
式会社日立製作所生産技術研究所内

Fターム(参考) 3C047 AA02 AA04 AA05 AA08 AA34  
BB01  
3C058 AA09 AA19 AC02 BA01 BA07  
BA09 CB03 CB04 DA17  
5F043 AA01 DD16 DD25 FF07